Lehrerhandbuch

zu LEGO Technic Control I
Software LEGO Lines:
IBM PC und kompatible Computer

Vorwort

Neue Bildungsinhalte, die unsere Entwicklung zu einer „informationstechnischen Gesellschaft" fundieren und fördern sollen, drängen zur Zeit in die Schulen.
Das Überschneidungsgebiet von Technik und Informatik gewinnt in diesem Zusammenhang zunehmend an Bedeutung. Es erlaubt die Thematisierung aktueller Inhalte von hoher gesellschaftlicher Relevanz, zugleich auch die anschauliche Behandlung der Grundlagen aus dem Gebiet der Informatik.
Besonders bei der Einführung in die abstrakten Unterrichtsinhalte der Informatik, wie beispielsweise die Algorithmisierung, ist es sinnvoll, daß die Schüler die Vorgehensweise an einem anschaulichen und vertrauten Material mit Themenstellungen aus ihrem Erfahrungsbereich erarbeiten können.
Bei der Verbindung Technik/Informatik entstehen auch neue Inhalte, die ihre Bedeutung vorwiegend in einem mehrperspektivischen Technikunterricht haben. Ein Beispiel ist die Computersteuerung, die als flexible Softwaresteuerung im Gegensatz zur mechanischen Steuerung nicht auf eine bestimmte technische Anwendung festgelegt ist. Durch die flexible Softwaresteuerung werden auch neue Problemfelder, wie beispielsweise das Zusammenwirken von technischer Konstruktion und Steuerungsprogramm im Unterricht praktikabel.
Nur ein Unterrichtsmaterial, welches bei einfachster Handhabung eine schnelle Änderung der Konstruktion und der Steuerungsprogramme erlaubt, wird den vielfältigen Anforderungen der didaktischen Differenzierungsmöglichkeiten gerecht. LEGO Technic Control unterstützt und fördert die Anschaulichkeit der objektbezogenen Programmierung und verstärkt die Motivation des Schülers zur selbständigen Auseinandersetzung mit der Problemstellung.
Die Summe aus Umweltbezug, Anschaulichkeit und Vertrautheit mit dem Material sowie der weitgehenden Möglichkeit der Eigentätigkeit ergibt für die Schüler eine sehr intensive Form der thematischen Auseinandersetzung. Der Unterricht wird hierdurch sehr effektiv.
Das vorliegende Handbuch ist von Lehrern für die Unterrichtspraxis entwickelt und getestet worden. Es enthält u. a. Unterrichtshilfen, wie Kopiervorlagen für Overheadfolien oder für Arbeitsbögen.
Zu einzelnen Modellvorschlägen werden Beispiele mit detaillierter Themenstellung dargestellt. Je nach Zielsetzung können diese direkt für eine Unterrichtseinheit oder als Ideensammlung benutzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Materialhinweise 2

2 Einführungskursus 4

3 Hinweise zur Steuerkonsole 10

4 Beispiele zur sofortigen Verwendung im Unterricht 14

5 Kopiervorlagen 47

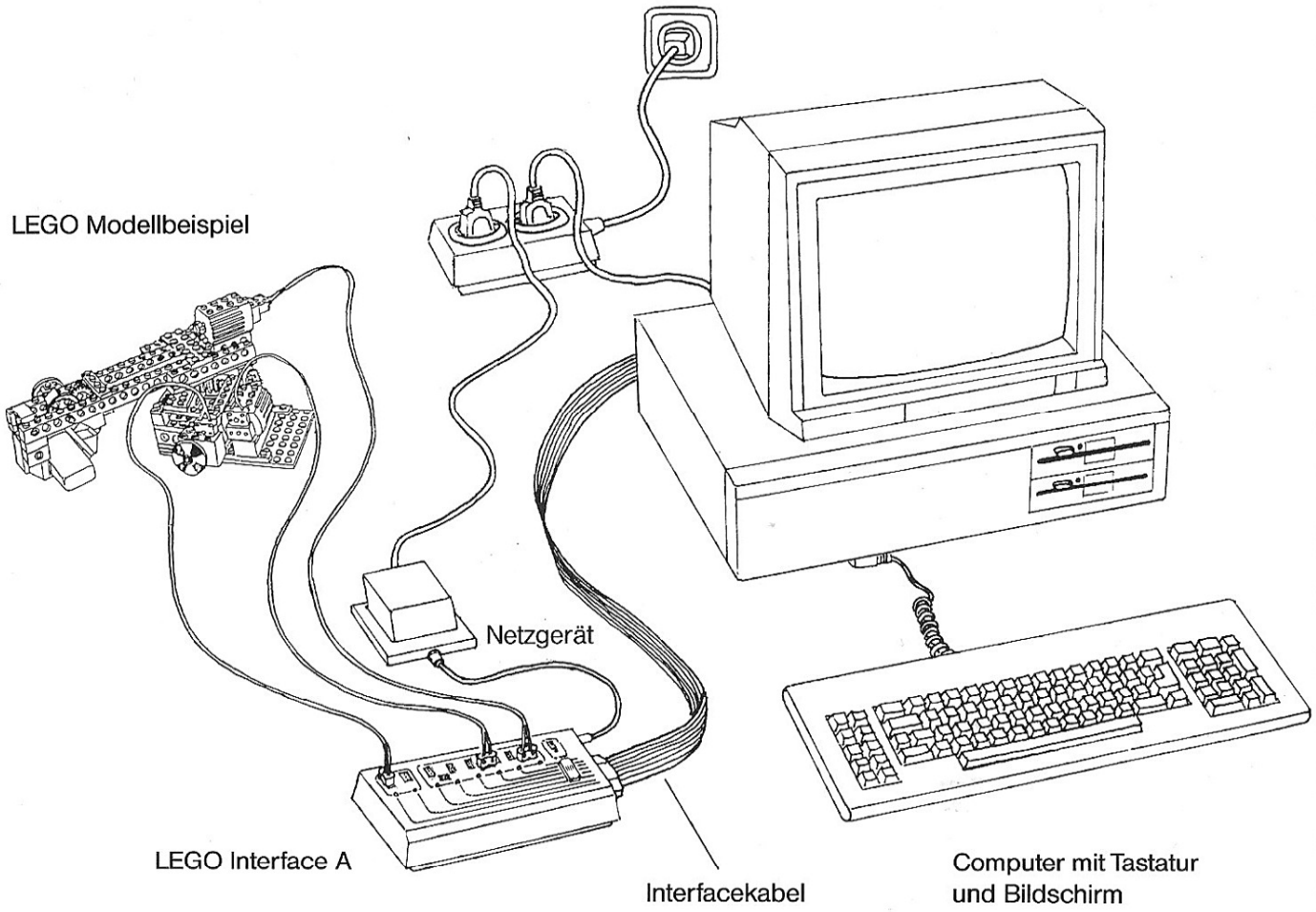
6 Hinweise zur Software LEGO Lines 68

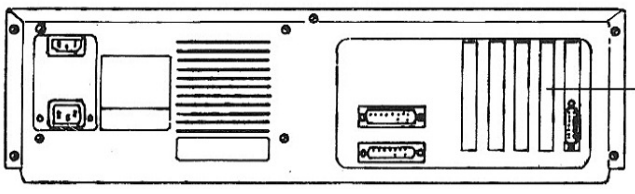
7 Technische Hinweise 77

8 Stichwortverzeichnis 80

1 Allgemeine Materialhinweise

Abbildung 1.1 Grundaufbau





Die Darstellung des Computers ist beispielhaft.

Hinweise zur Software LEGO Lines und zum LEGO Interface sind in Kapitel 6 bzw. in Kapitel 7 zu finden.

Beachten Sie bitte zusätzlich die Bedienungsanleitung Ihres Computers.

Das Startset:

Zunächst wird ein Startset benötigt:
1 IBM PC oder ein kompatibler Computer mit einem Monitor
1 LEGO Interface A (9750)
1 LEGO Interfacekabel, z. B. (9771)
1 LEGO Unterrichtsbegleitmaterial (950026)
Es enthält die Software LEGO Lines für den IBM PC und kompatible Computer sowie ein Lehrerhandbuch
1 Systemset LEGO Technic Control I (1090)
als Grundset

Ergänzendes Material:

Zur Erweiterung der inhaltlichen und methodischen Möglichkeiten im Unterricht empfehlen sich folgende Artikel:

- die LEGO Steuerkonsole zur manuellen Steuerung von Modellen (1039)
- das Systemset LEGO Technik Control II (1092) als weiterführendes Set
- die LEGO Grundplatte (1348) 24 x 24 Knöpfe (ca. 19 cm x 19 cm) Der Artikel enthält drei Grundplatten.
- die LEGO Grundplatte (1085) 48 x 48 Knöpfe (ca. 38 cm x 38 cm)
- der LEGO Tastensensor (1346) Der Artikel enthält zwei Tastensensoren.

Die Angaben in Klammern sind LEGO Artikelnummern.

Die Software LEGO Lines unterstützt IBM kompatible Drucker.

Die LEGO Grundausstattung für den Unterricht:

Computer/Monitor	LEGO Interface (9750) LEGO Interface-Kabel z. B. (9771)	LEGO Unterrichts-begleitmaterial (950026)	LEGO Technic Control I (1090)	LEGO Steuerkonsole als Ergänzung (1039)
1	1	1	1	1
2	2	1	2	1
3	3	1	3	2
4	4	1	4	2
5	5	1	5	3
6	6	1	6	3
7	7	1	7	4
8	8	1	8	4
9	9	1	9	5
10	10	1	10	5

Für einen effektiven Unterricht ist es ratsam, nicht mehr als zwei Schüler mit einem LEGO Technic Control Systemset arbeiten zu lassen.

2 Einführungskursus

In diesem Einführungskurs sollen Sie lernen, wie die LEGO Modelle mit dem Computer und LEGO Lines gesteuert werden. Sie sollen auch gleichzeitig erkennen, welche umfangreichen Möglichkeiten das Material im Unterricht bietet und welche Themen sich mit dem Material erarbeiten lassen.

Die Einführung in LEGO Lines gliedert sich in die folgenden Teilschritte: In einem ersten Teil wird die Herstellung eines einfachen Steuerungsprogramms erklärt:
- Elemente der Steuerung mit dem Computer
- Direktsteuerung
- Programmsteuerung

Der zweite Teil erweitert die Einsatzmöglichkeiten um Programmstrukturen, die an den Einsatz der LEGO Optosensoren gekoppelt sind:
- WIEDERHOLE Anweisung
- Alternative mit WENN – ENDE WENN
- Programm zur automatischen Türsteuerung

Die Vorgehensschritte im Einführungskurs können auf den Unterricht übertragen werden.

Das Modell einer automatischen Tür wurde ausgewählt, weil den Schülern deren Funktionsweise durch tägliche Erfahrungen sehr vertraut ist.
Die Arbeit wird durch die Funktionsabläufe der Modellsteuerung motiviert. Es erscheint deshalb sinnvoll, den Bau des Modells voranzustellen. Mit der Bauanleitung 1090 B läßt sich die automatische Tür aufbauen.
Die abgebildete Tür wird von einem 4,5 V Motor geöffnet und geschlossen. Die Unterseite der Tür liegt auf einer aus Steinen ohne Knöpfe gebildeten Schiene. Das Getriebe besteht aus Gummiriemen, Riemenrad, Zahnrädern, Schnecke und Welle. Es übersetzt die Drehbewegung des Motors ins Langsame. Die verlangsamte Drehbewegung wird durch zwei Zahnstangen in eine Linearbewegung umgewandelt.
Zwei Lichtschranken, sie bestehen jeweils aus einem Optosensor und einem Leuchtstein, geben über das LEGO Interface die Impulse zur Steuerung der Tür. Sie werden wie die Motoren entsprechend der Abbildung 2.2 an das LEGO Interface angeschlossen.
In diesem Einführungskursus werden die erforderlichen Anschlußkabel schrittweise angebracht.

Technische Beschreibung

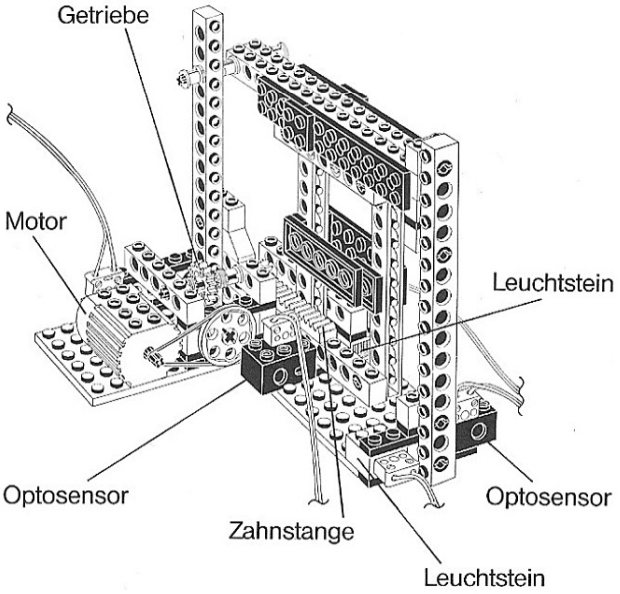


Abbildung 2.1 Technische Beschreibung

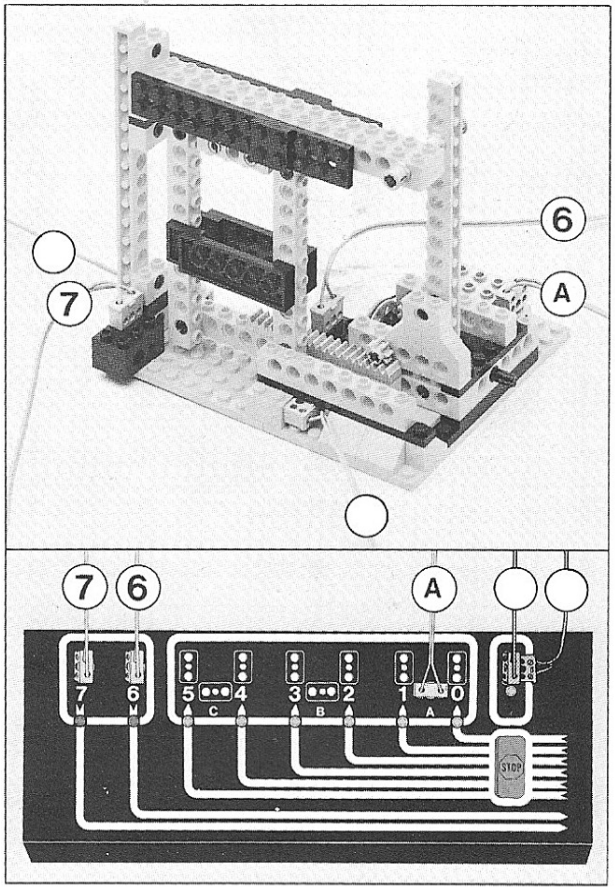


Abbildung 2.2 Anschlußbild

Elemente der Steuerung mit dem Computer:

Nun soll der Computer zur Steuerung genutzt werden. Er soll die Steuerung des Motors übernehmen und später mittels der Sensoren erkennen, ob die Tür geöffnet werden soll.
Hierzu wird die Computeranlage mit den LEGO Interface und dem Modell aufgebaut und fertig angeschlossen (siehe Abb. 1.1, Kapitel 1). Die Arbeitsdiskette mit der Software LEGO Lines wird in das Diskettenlaufwerk eingelegt, die Anlage wird eingeschaltet. Die Herstellung einer Arbeitsdiskette ist in Kapitel 6 beschrieben. Der Computer lädt die Software automatisch und zeigt das Hauptbild von LEGO Lines.

Wesentliches Merkmal des Hauptbildes ist das Programmraster.
In die Zeilen können nun Ziffernfolgen eingetragen werden, die das Interface und später das Modell steuern. Diese Ziffernfolgen werden auch Bitkombinationen genannt.

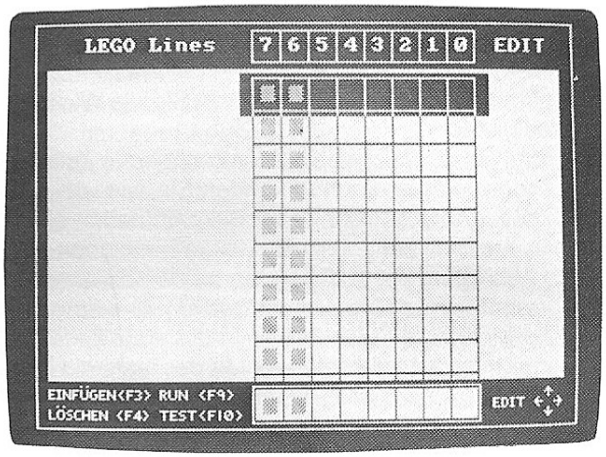
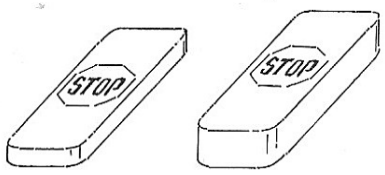


Abbildung 2.3 Hauptbild von LEGO Lines

Direktsteuerung:

Beginnen wir mit der Direktsteuerung. Durch die Taste <F7> wird der Direktmodus von LEGO Lines eingeschaltet. In der oberen rechten Bildschirmecke, im Modusfeld, wird der Direktmodus mit der Abkürzung DRKT angezeigt. Halten Sie die Taste <F7> nicht zu lange fest, sonst schaltet der Computer den Direktmodus ständig ein und aus. In der untersten Bildschirmzeile, auch Statuszeile genannt, erscheint dann eine Folge von Ziffern in der Form [??][000000]. Die „?"-Zeichen stehen für „0" oder „1" und sollen vorerst nicht beachtet werden.
Die Ziffertasten der Computertastatur beziehen sich auf die Spaltenbezeichnung [76][[543210] im Programmraster. Zur Ziffereingabe können Sie die Zifferntasten über den Buchstabentasten Ihrer Tastatur verwenden. Drücken Sie die Taste <3>, dann schaltet im Programmraster in der Spalte 3 das Kästchen von 0 auf 1; beim nochmaligem Drücken wieder auf 0.
Bei jedem Tastendruck wechselt der Zustand. Es soll nun mit der Taste <1> der Zustand 1 in Spalte 1 eingestellt werden.
Am LEGO Interface finden Sie die Ziffernfolge von 7 bis 0 wieder. Wenn der STOP-Schalter am Interface gedrückt ist, sind zum Schutz der Modelle die Ausgänge des Interfaces immer ausgeschaltet. Die roten Kontrollampen unter den Ziffern leuchten nicht. Der STOP-Schalter soll nicht gedrückt sein.

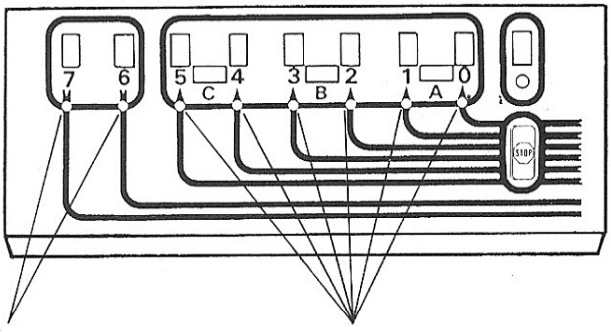
Die Kontrollampe unter der Ziffer 1 muß jetzt leuchten. Der Ausgang ① ist eingeschaltet.



gedrückt nicht gedrückt

Abbildung 2.4 STOP-Schalter

Das Setzen des Zustandes 1 in dem Kästchen der Statuszeile hat den Ausgang ① aktiviert.



Eingangskontrollampen Ausgangskontrollampen

Abbildung 2.5 LEGO Interface

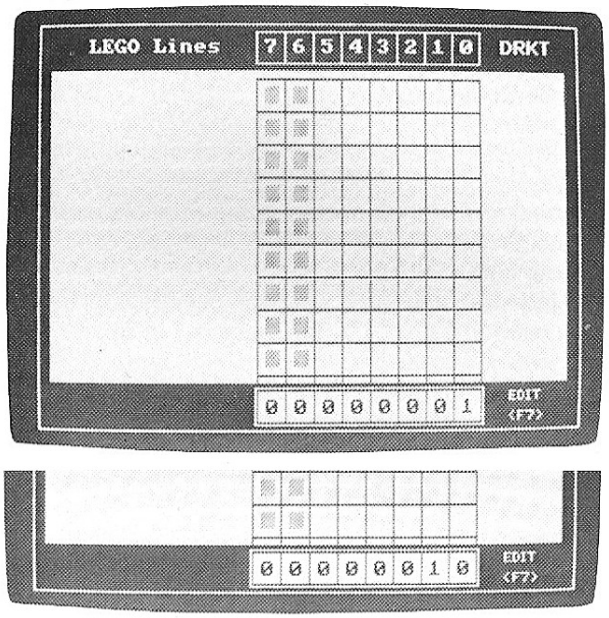


Abbildung 2.6 Statuszeile

Wenn Sie jetzt den Motor des Modells entsprechend der Abbildung 2.2 an den Anschluß A am Interface, also zwischen den Anschlüssen ⑩ und ① anschließen, dann dreht der Motor. Sie sollten zunächst den Gummiriemen am Motor abnehmen, dann können Sie die Bewegung des Motors in Ruhe betrachten. Vertauschen Sie die Anschlüsse des Motors am Interface, dann dreht der Motor in die andere Richtung, da auch der Stromfluß durch den Motor die Richtung wechselt.
Bequemer ist es, die Drehrichtung mit dem Computer zu beeinflussen. Hierzu können Sie mit den Tasten <1> und <0> die Spalten 1 und 0 der Statuszeile entsprechend der Abbildung 2.6 umschalten. Der Motor ändert seine Drehrichtung.
Wenn der Gummiriemen am Motor wieder aufgelegt wird, können Sie die Tür der Direktsteuerung bereits öffnen und schließen. Mit der Taste <F 7> soll die Direktsteuerung anschließend wieder abgeschaltet werden. Die Anzeige im Modusfeld wechselt von DRKT auf EDIT. Im Editiermodus werden Programme geschrieben.

Programmsteuerung:

Das Schließen und Öffnen der Tür soll nun vom Computer gesteuert werden. Der wesentliche Unterschied zur Direktsteuerung besteht darin, daß die erforderlichen Bitkombinationen in das Programmraster von LEGO Lines eingetragen und vorerst gespeichert werden. Das Interface und der Motor werden also zunächst nicht angesprochen.

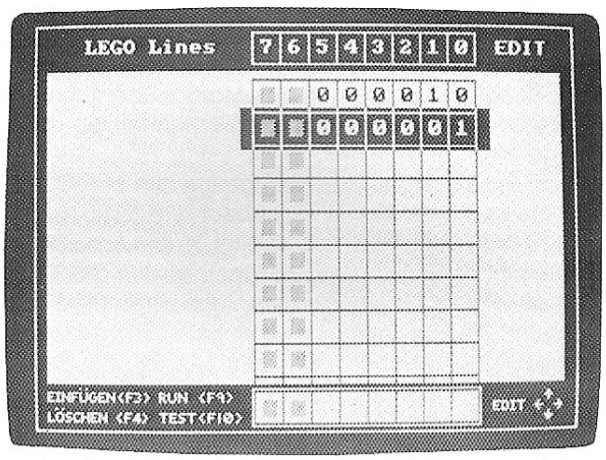


Abbildung 2.7 Vorprogramm

Die gespeicherten Bitkombinationen werden erst durch den Programmstart mit <F 9> ausgegeben.
Wie werden die Bitkombinationen in das Programmraster eingegeben?
Für die Bewegung des Eingabefensters auf dem Bildschirm benötigen Sie die Tasten <→>, <↓>, <←> und <↑>. Diese Tasten befinden sich in dem nach rechts abgesetzten Tastenfeld Ihrer Tastatur (siehe Kopiervorlage 5.4, Kapitel 5). Mit diesen Tasten wird das Eingabefenster in die entsprechende Richtung verschoben. Probieren Sie die Wirkung dieser Tasten aus.
Steuern Sie das Eingabefenster in die erste Zeile des Programmrasters. Nun können Sie, wie von der Direktsteuerung gewohnt, eine Bitkombination eintragen. Als Beispiel sollen die Bitkombinationen nach Abbildung 2.7 in die ersten beiden Zeilen des Programmrasters eingetragen werden. Das Eingabefenster wird mit den Pfeiltasten in die erste Zeile des Programmierrasters gesteuert. Mit der Taste <1> wird die erste Zeile programmiert. Anschließend steuern Sie das Eingabefenster in die zweite Zeile und tragen mit der Taste <0> den Zustand der Spalte 0 ein.
Damit ist ein Programm hergestellt und im Computer gespeichert. Mit der Taste <F 10> können Sie die einzelnen Bitkombinationen testen. Mit der Testfunktion wird die markierte Zeile vom Computer bearbeitet. Sie können die Wirkung der Anweisung überprüfen.
Mit der Taste <F 9> können Sie das Programm starten. Sie sehen, die Tür ruckt kurz auf und wieder zu oder umgekehrt. Die Zeilen des Programms, die gerade bearbeitet werden, sind im Programmraster unterlegt und zusätzlich in der Statuszeile unten im Bild angezeigt. Mit der Taste <F 9> können Sie das Programm beliebig oft abarbeiten lassen.

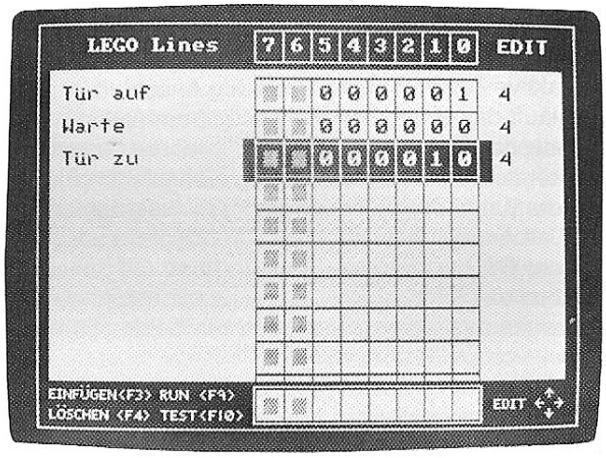
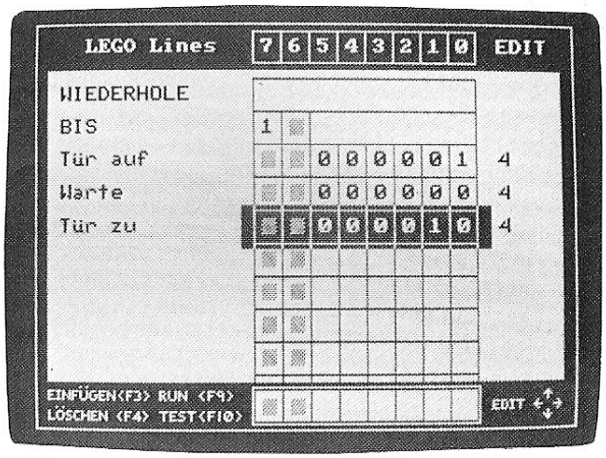


Abbildung 2.8 Grundprogramm



Name: TÜR 29

Abbildung 2.9 Erweitertes Programm

Die Bewegung der Tür können Sie umkehren, indem Sie in den Spalten 0 und 1 die Ziffern der Bitkombinationen tauschen. Eine weitere Möglichkeit dazu besteht im Vertauschen der Kabelanschlüsse am Motor oder am Interface.

Die Zeitspannen, in denen die Anweisungen der Zeilen ausgeführt werden, sind in dem ersten Programm offensichtlich viel zu kurz. Eine Verlängerung der Zeitspanne für eine Anweisung kann durch eine Zahlenangabe im Wertefeld erfolgen: Mit der Taste <→> steuern Sie das Eingabefenster in das Wertefeld der aktuellen Zeile. Dort erzeugt es eine flache Schreibmarkierung.

Mit den Zifferntasten läßt sich eine Zeit eintragen, die beispielsweise bei der Eingabe von 4 bewirkt, daß die Anweisung 4 Sekunden lang ausgeführt wird, bevor sie durch die nächste Anweisung oder eine Leerzeile beendet wird.
Durch die Variation der Zeitwerte, beispielsweise auf 3,8 oder 4,1, können Sie erreichen, daß die Tür sich einmal vollständig öffnet und wieder schließt. Fehlerhafte Eingaben lassen sich durch die Taste <← DEL > im Hauptfeld der Tastatur löschen.
Die Kommentare links vom Programmraster in Abbildung 2.8 sind für diesen Programmablauf nicht erforderlich. Sie erleichtern jedoch den Überblick, speziell bei längeren Programmen. Mit der Taste <←> steuern Sie das Eingabefenster in das Textfeld. Dort können Sie dann Kommentare eingeben.-
Wie in dem obigen Beispiel gezeigt, können Sie weitere Anweisungszeilen dem Programm anfügen oder mit der Taste <F 3> Zeilen einfügen oder mit der Taste <F 4> Zeilen löschen. Im Beispiel nach Abbildung 2.9 wird, nachdem die Tür geöffnet ist, für 4 Sekunden der Motor ausgeschaltet. In dieser Zeitspanne bleibt die Tür offen.

Damit wäre der erste Teil der Einführung beendet. Sie haben ein erstes Grundprogramm eingegeben und getestet.

Der Einsatz der Sensoren:

In der Bauanleitung 1090 sind entsprechend dem Anschlußbild in Abbildung 2.2 neben dem Motor zwei Sensoren am Interface angeschlossen.
Die LEGO Optosensoren sind sehr vielseitig verwendbar. Sie werden hier zusammen mit den beiden LEGO Leuchtsteinen als Lichtschranken eingesetzt und schalten die Anschlüsse ⑥ und ⑦ am Interface. Bitte richten Sie sich beim Anschluß der Lampen und Sensoren genau nach der Bauanleitung. Sie sollten für eine einwandfreie Funktion der Sensoren weitere helle Lichtquellen in der Nähe der Sensoren vermeiden.
Die Wirkungsweise der Sensoren ist einfach beschrieben: Die Eingangskontrollampe am Interface ist aus, entsprechend 0, wenn der Lichtweg der Lichtschranke frei ist. Dieses ist der Normalzustand. Wenn mit der Taste <F 7> der Direktmodus eingeschaltet wird, erscheint der Zustand der Lichtschranke als 0 in der Statuszeile.
Der aktive Zustand 1 tritt auf, wenn der Lichtweg unterbrochen wird, wenn in der Realität sich eine Person der Tür nähert. Mit einer Hand vor dem Sensor kann dieser Zustand leicht realisiert werden. Dann leuchtet die Lampe am Interface, und in der Statuszeile erscheint eine 1. Beide Lichtschranken arbeiten unabhängig voneinander. Sie können verschiedene Zustände testen und die Anzeige in der Statuszeile verfolgen. Für die nachfolgende Programmsteuerung wird mittels <F 7> wieder der Editiermodus eingeschaltet.

Zurück zum Programm. Wie läßt sich eine Lichtschranke mit dem Programm abfragen? Eine erste Aufgabenstellung liegt auf der Hand: Die Tür soll sich öffnen, wenn die Lichtschranke mit dem Optosensor am Anschluß ⑦ unterbrochen wird.
Für die Lichtschrankenabfrage sind zwei Strukturanweisungen vorgesehen:

WIEDERHOLE ... BIS und
WENN ... ENDE WENN
(siehe Programmstrukturen, Kapitel 6)
Wenn Sie mit WIEDERHOLE ... BIS arbeiten wollen, dann können Sie dem Grundprogramm, Abbildung 2.8, die Zeilen WIEDERHOLE und BIS 1 entsprechend Abbildung 2.9 voranstellen.

Sie werden bei der Eingabe von WIEDERHOLE – in Kleinbuchstaben eintippen und keine Leerzeichen voranstellen – feststellen, daß nach der korrekten Eingabe das Wort in Großbuchstaben umgesetzt wird. Damit werden definierte Strukturanweisungen in LEGO Lines kenntlich gemacht und deutlich von Kommentaren unterschieden.
Mit der Eingabe von BIS oder WENN ist die Festlegung einer Bedingung verbunden, die sich aus den Spalten 6 und 7 im Zusammenhang mit den Optosensoren ergibt. Die Bedingung ist erfüllt, wenn die Angaben in den Spalten 6 und 7 mit dem Zustand der Optosensoren übereinstimmen. Mit den Tasten <6> und <7> lassen sich die Bedingungen der entsprechenden Spalten von 1 auf 0 und ‚schraffiert' im Wechsel durchschalten. Ein schraffiertes Feld ist für den Wahrheitswert der Bedingung ohne Bedeutung.
Wenn Sie das Programm mit <F 9> starten, sehen Sie, wie die Anzeige der aktiven Zeile die ersten beiden Programmzeilen ständig wiederholt. Die Bedingung ‚1' in der zweiten Zeile ist noch nicht erfüllt. Der Optosensor am Anschluß ⑦ ist noch im Zustand 0. Der Sensor am Anschluß ⑥ ist in Spalte 6 nicht angewählt und daher ohne Bedeutung. Erst wenn der aktive Zustand vom Sensor am Anschluß ⑦ eintritt, läuft das Programm weiter.
Die zweite Lichtschranke auf der anderen Seite der Tür können Sie in die Steuerung einbeziehen, indem Sie die Kabel des Sensors dieser Lichtschranke statt an Anschluß ⑥ am Interface ebenfalls an Anschluß ⑦ anstecken.
Jetzt ist es gleich, ob die eine *oder* die andere Lichtschranke das aktive Signal liefert. In beiden Fällen öffnet sich die Tür.
Stecken Sie jetzt die Stecker der Optosensoren wieder in die ursprüngliche Position an die Anschlüsse ⑥ und ⑦ am Interface.
Mit der Strukturanweisung WENN ... ENDE WENN können Sie ein Programm schreiben, welches dem vorherigen ähnlich ist. Die Abbildung 2.11 zeigt das zugehörige Beispielprogramm. Zusätzlich wird dort eine weitere Strukturanweisung WIEDERHOLE .. IMMER verwendet. Die Kommentare im linken Anweisungsfeld erläutern die jeweilige Funktion.
In diesem Fall ist es nicht schwer, die zweite Lichtschranke in die Steuerung einzubeziehen. Während die eine Lichtschranke ⑥ das Signal zum Öffnen der Tür liefert, soll die Tür durch das Signal der zweiten Lichtschranke ⑦ geschlossen werden. Das Programm in der folgenden Abbildung zeigt die Verwendung zweier WENN .. ENDE WENN Anweisungen für diese beiden Abfragen.
Bei der Erprobung dieses Programms wird die begrenzt schnelle Reaktionszeit der programmierten Steuerung deutlich. Es dauert bisweilen recht lange,

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
WENN	1								
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	4
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	4
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WENN									
IMMER									

Name: TÜR 210

Abbildung 2.10 Programm

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
WENN	1								
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WENN									
WENN		1							
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	4
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WENN									
IMMER									

Name: TÜR 211

Abbildung 2.11 Programm

bis die Anweisung WENN bearbeitet wird und der Computer den Zustand der einen oder anderen Lichtschranke registriert.

Der Sichtlaufmodus:
Die langsame Bearbeitung der Anweisungen durch den Computer ist in der Erprobungsphase eines Programms erforderlich, wenn die aktuelle Anweisung auf dem Bildschirm markiert werden soll. Die Sequenz der bearbeiteten Anweisungen läßt sich nur dann verfolgen, wenn die einzelne Anweisung mindestens 0,25 Sekunden lang gekennzeichnet wird. Dies ist speziell dann erforderlich, wenn im Wertefeld keine oder sehr kleine Zeitspannen unter 0,25 Sekunden eingetragen sind. Es werden etwa vier Anweisungen innerhalb einer Sekunde markiert und nacheinander bearbeitet. Mit Zeitwerten im Wertefeld wird die Bearbeitungszeit entsprechend verlängert.

Der Ablaufmodus:
Wenn die Programmstruktur getestet ist, kann mit der Tastenfolge <Shift> – festhalten, dann <F 9> – der Ablaufmodus eingeschaltet werden. Statt SILF für Sichtlauf wird ABLF im Modusfeld angezeigt. Das Programm wird vom Computer ohne die Bildschirmanzeige der gerade bearbeiteten Anweisung ausgeführt. Die Reaktionszeit ist deutlich verkürzt. In einer Sekunde können über 100 Anweisungen vom Computer bearbeitet werden. Die programmierte Steuerung reagiert unmittelbar. Erst wenn eine der beiden WENN-Bedingungen erfüllt ist, wird die Anweisung „Tür auf" oder „Tür zu" für genau 4 Sekunden ausgeführt.
Mit den bislang gezeigten Beispielen wurden die grundlegenden Eigenschaften der Computersteuerung mit LEGO Lines angesprochen und für einen ersten Kontakt mit dem Material ausgearbeitet.
Im Kapitel 4 werden auf dieser Grundlage Modellbeispiele, Programme und Anwendungsthemen vorgestellt, die für den Einsatz der computergesteuerten LEGO Modelle im Unterricht erprobte Beispiele und darüberhinaus Anregungen und Ideen liefern.
Die vorgestellten Beispiele werden durch Kopiervorlagen und Medien für den Lehrer in Kapitel 5 ergänzt.
Die genaue Beschreibung von LEGO Lines und der Steuerungskomponenten finden Sie in den Kapiteln 6 und 7. Sollten Sie bei der Steuerung der Modelle Fragen zur Programmierung in LEGO Lines haben, dann werden Sie dort, von den Modellen losgelöst, alle erforderlichen Informationen finden.

3 Hinweise zur Steuerkonsole

Die Steuerkonsole als Hilfsmittel zur Programmentwicklung

Die Vorerfahrungen der Schüler zum Thema „Steuern und Regeln" beziehen sich vielfach auf die manuelle Steuerung von Modellen. Die Steuerung wird von den Schülern zielgerichtet vorgenommen, die Verbalisierung der Handlungsanweisungen fällt den Schülern erfahrungsgemäß schwer.
Eine Computersteuerung erfordert eine vollständige und präzise Beschreibung der Handlungsfolgen. Ausgehend von einem in der Praxis interessanten Problem wie beispielsweise der Steuerung einer automatischen Tür stellt die Erarbeitung eines Programms die Schüler vor sehr hohe Anforderungen. Mit der Steuerkonsole kann die erforderliche Präzisierung der Handlungsanweisungen schrittweise erarbeitet werden. Es bietet sich an, ein Analogieschema Mensch–Industrieroboter oder Mensch–Maschine zu entwickeln. Während in der Anfangsphase die überwiegenden Anteile der Aufgabenbewältigung durch den Menschen erledigt werden, übernimmt die Maschine zunehmend Teilaufgaben. Die Teilschritte, in denen die maschinelle Steuerung fortschreitend eingesetzt wird, können den Erfordernissen des Unterrichts angepaßt werden.
Dieses Vorgehen erlaubt auch interessante Analogien zur historischen Entwicklung der maschinellen und programmierten Steuerung.

Aufbau der Steuerkonsole:

Die Steuerkonsole besteht aus einem oder mehreren Tastenpaaren und einem Batteriestab.

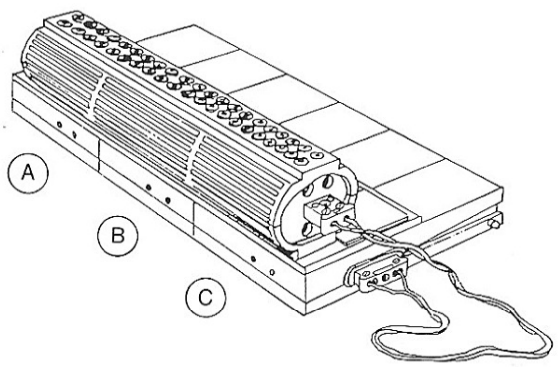


Abbildung 3.1 Steuerkonsole

Alle Anschlüsse der Tastenpaare sind Ausgänge und entsprechen den Ausgängen Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ, des LEGO Interfaces.

Der Batteriestab nimmt drei 1,5 V Babyzellen auf, mit deren Gesamtspannung von 4,5 V alle LEGO Motoren und LEGO Leuchtsteine betrieben werden können.

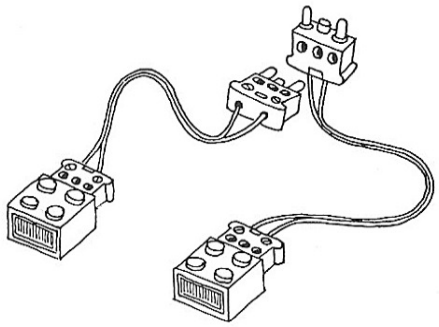


Abbildung 3.2 Leuchtsteine

Mit einem Tastenpaar können mehrere Motoren oder Leuchtsteine gleichzeitig geschaltet werden, d. h. ihre Kabel werden in der abgebildeten Art zusammengesteckt.
Es sollten jedoch nicht mehr als drei Motoren oder sechs Leuchtsteine an einen Batteriestab angeschlossen werden.
Damit die Motoren sowohl links- als auch rechtsherum drehen, ist ein Tastenpaar jeweils als Polwendeschalter ausgelegt. Je nachdem, ob die linke oder rechte Taste des Tastenpaares gedrückt wird, ändert sich die Flußrichtung des Stromes und damit die Drehrichtung des angeschlossenen Motors.
Eine Drehrichtungsänderung wird ebenfalls durch das „Umdrehen" eines Steckers erreicht.
Beide Tasten eines Tastenpaares lassen sich nicht gleichzeitig betätigen.

Wie kann die Steuerkonsole im Unterricht eingesetzt werden?
Die Steuerkonsole stellt die Stufe zwischen einer einfachen Handsteuerung und einer Computersteuerung dar. Zum Steuern der LEGO Modelle mit der Steuerkonsole bieten sich die folgenden methodischen Vorgehensweisen an:

- Manuelles Steuern und Testen
- Steuern mit Steuerkarten
- Überleitung zur Computersteuerung

Manuelles Steuern und Testen:

Mit der Steuerkonsole können fertig aufgebaute Modelle oder einzelne Baugruppen auf ihre Funktionsweise hin getestet werden.
Ein sicheres Verständnis über die Funktionsweise vorgegebener Modelle oder die Gewißheit über die Funktion der selbstkonstruierten Modelle sind eine wesentliche Voraussetzung zur Entwicklung automatischer Steuerungsprogramme.
Durch die Verwendung der Steuerkonsole erkennen die Schüler die Nachteile einer manuellen Steuerung. Häufig wiederkehrende Steuerungsvorgänge, die monoton wirken und Steuerungsvorgänge, bei denen eine hohe Wiederholgenauigkeit oder ein präzises Einhalten der Steuerzeiten wichtig ist, motivieren die Schüler, eine automatische Steuerung zu entwickeln.
Konkret wird der Einsatz der Steuerkonsole durch farbige „Merkplättchen" mit Pfeilsymbolen unterstützt. Sie können entsprechend der Drehrichtung der Motoren oder Bewegungsrichtung der Fahrzeuge über den Tasten aufgesteckt werden.

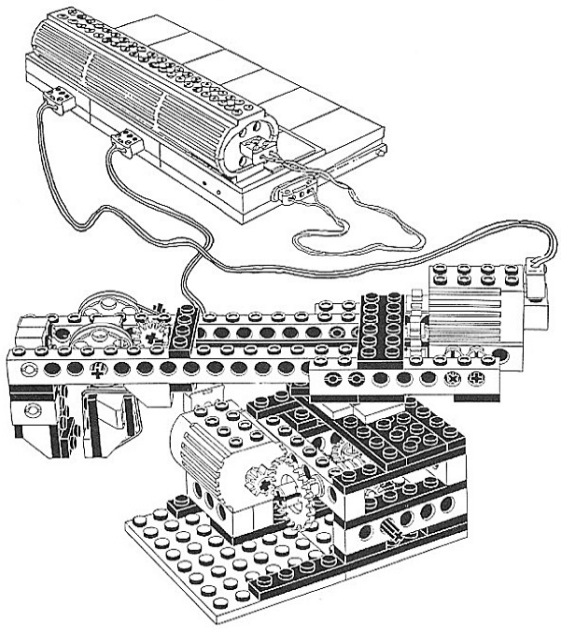


Abbildung 3.3 Roboter

Steuern mit Steuerkarten:

Eine sinnvolle Hinführung zu einem Programmverständnis und dem Verständnis einer automatischen Steuerung vermitteln sogenannte Steuerkarten.

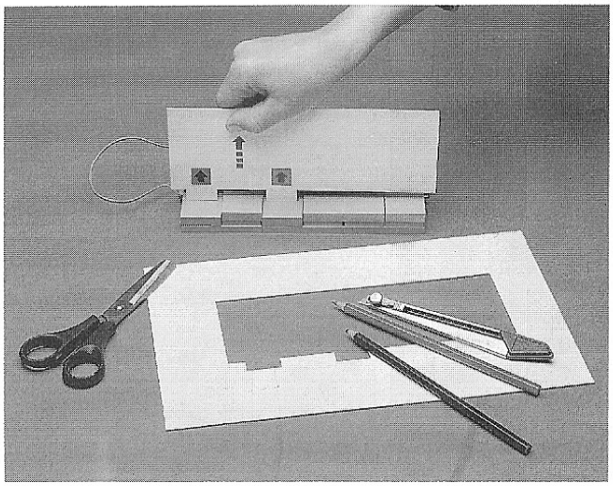


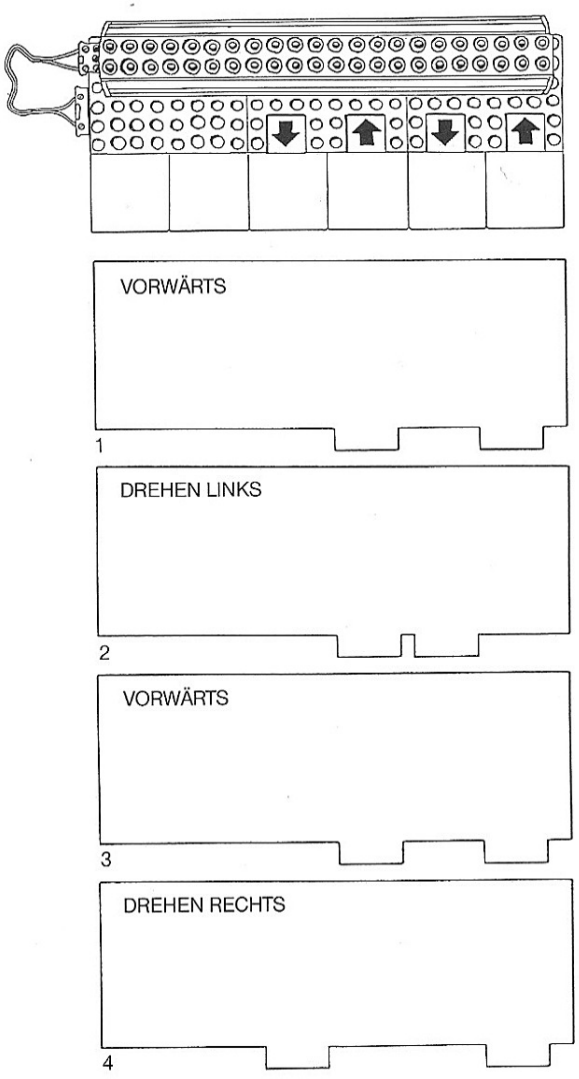
Abbildung 3.4 Herstellung von Steuerkarten

Die Steuerkarten können z. B. aus Kunststoff, fester Pappe oder aus Sperrholz hergestellt werden. Zur Herstellung einer Steuerkarte zeichnet man diese zweckmäßigerweise zunächst auf Papier und klebt die Zeichnung auf die feste Unterlage (siehe Kopiervorlage 5.9, Kapitel 5).
Welche Steuerkarte wird als erste hergestellt? Die Steuerkarten unterscheiden sich durch die Zahl und die Position der Noppen, die auf die Tasten der Steuerkonsole gedrückt werden. Für die Bewegung „Vorwärts" wird eine Karte benötigt, die in der ersten und dritten Position, von links gezählt, je eine Noppe besitzt.
Es folgt das Aussägen der Karte nach den gezeichneten Linien und eine Beschriftung mit einem Namen, der für die beabsichtigte Steuerungsanweisung steht.
Eine grundlegende Programmvorstellung, die durch die folgenden drei Fragen umrissen wird, kann mit Steuerkarten erarbeitet werden:

1. Was soll die Anweisung bewirken?
2. Wie lange soll diese Anweisung ausgeführt werden?
3. Welche Anweisung soll folgen?

Bei der Antwort auf die erste Frage müssen zunächst Rahmenbedingungen, wie beispielsweise die Tastenzuordnung zu den Modellfunktionen, geklärt werden. Nachdem die gewünschte Taste oder Tastenkombination bestimmt worden ist, kann die Steuerkarte so ausgesägt werden, daß sie genau diese Tastenkombination betätigt.
Die zweite Frage wird bei Gebrauch der Steuerkarte aktuell.
Steuerungsabläufe, die sich nicht mehr durch eine einmalige Tastenkombination erreichen lassen, führen auf die dritte Frage und ihre Antwort.

Eine Folge von Steuerkarten stellt ein manuelles Programm dar und ist gleichzeitig die Vorstufe zu einem automatischen Programm. Dieses ist in Abbildung 3.5 beispielhaft dargestellt.



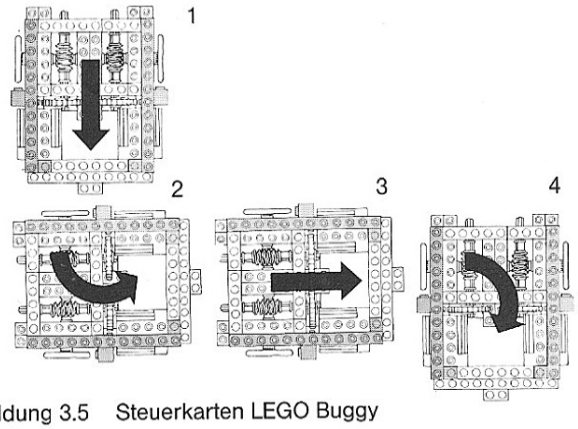
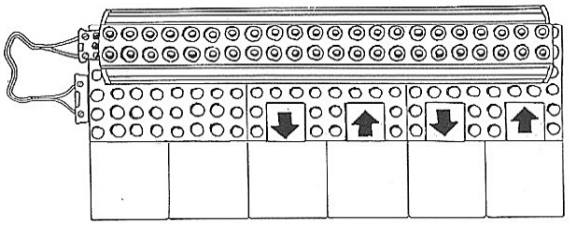


Abbildung 3.5 Steuerkarten LEGO Buggy

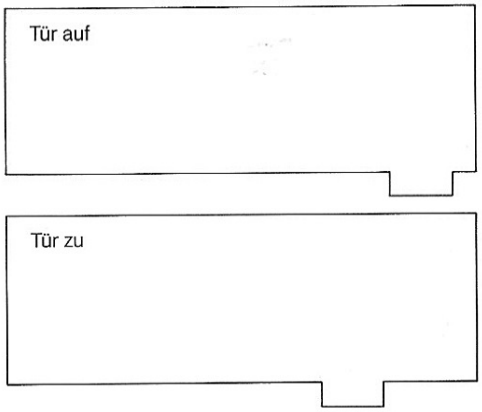
Überleitung zur Computersteuerung:

Die Vorteile einer Computersteuerung mit einem Programm werden deutlich, wenn schnelle Änderungen in den Anweisungen gewünscht werden.
Gegenüber einer manuellen Steuerung besteht außerdem der Vorteil der Automatisierung.
Die Ausgänge der Steuerkonsole entsprechen den Ausgängen Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ, des Interfaces.
Die Ausgänge des Interfaces werden über die Bitkombinationen im Programmraster der Software LEGO Lines geschaltet.
Eine betätigte Taste der Steuerkonsole bedeutet auf LEGO Lines übertragen eine 1 in der Bitkombination im Programmraster.

Steuerkonsole

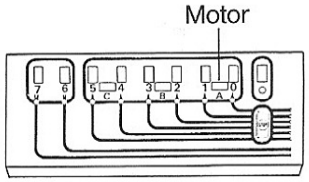


Steuerkarten



Eine selbsterstellte aufgelegte Schablone mit der Ziffernfolge [5 4 3 2 1 0] für die Steuerkonsole erleichtert diese Übertragung, ebenso wie die Kopiervorlage zum Interface (siehe Kopiervorlage 5.8, Kapitel 5).

Kopiervorlage



	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	

Hauptbild LEGO LINES

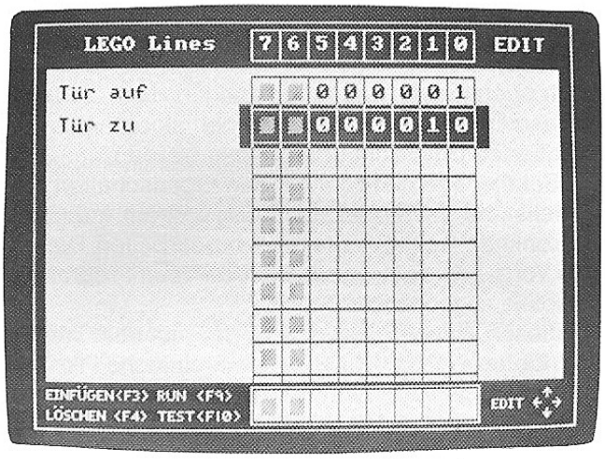


Abbildung 3.6 Beispiel Programmübertragung

Neben der Funktionsüberprüfung von Modellen und den algorithmischen Aspekten kann mit der Steuerkonsole das in unserer natürlichen und technischen Umwelt bedeutende Prinzip der Steuerkette verdeutlicht werden. Ein Beispiel zeigt die folgende Abbildung:

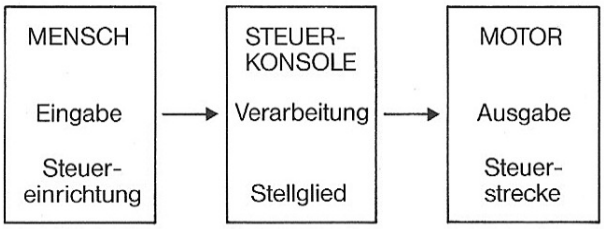


Abbildung 3.7 Steuerkette

Die Folge Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe wird auch als das EVA-Prinzip der informationstechnischen Systeme bezeichnet.

4 Hinweise zur Arbeit mit den vorgestellten Beispielen

Dieses Kapitel enthält Leitthemen und Leitfragen, die sich auf die vorgeschlagenen Modellbeispiele beziehen. Diese Vorschläge können direkt für eine Unterrichtseinheit oder als Ideensammlung benutzt werden.
Mit den computergesteuerten LEGO Modellen lassen sich, den Unterrichtszielen angepaßt, unterschiedliche Schwerpunktsetzungen realisieren.

Schwerpunkt Informatik:

Die Eigenschaften z. B. einer automatischen Türsteuerung sind den Schülern aus der täglichen Erfahrung bekannt. Es ist aber keineswegs einfach, eine algorithmische Beschreibung dieser Steuerung zu formulieren. Welche Hilfen stehen dem Lehrer für die Erarbeitung dieser oder ähnlicher Problemstellungen zur Verfügung?
Das Modell, beim Beispiel der Türsteuerung das fertig aufgebaute LEGO Modell der Tür, bietet einen günstigen Ansatzpunkt zur verbalen Formulierung der Steuerungsvorgänge. Die von den Schülern genannten Anweisungen können am Modell verdeutlicht werden. Die Wirkung der Steuerungsanweisungen lassen sich mit der LEGO Steuerkonsole oder dem computergesteuerten LEGO Interface zeigen.
Die Schüler erhalten bei diesem Vorgehen mit dem Modell eine anschauliche Unterstützung bei der Beschreibung der Steuerungsvorgänge, die im Unterricht präzisiert werden sollen.
Diese Phase des Unterrichts kann durch eine Diskussion mit dem Ziel einer eindeutigen Vorgangsbeschreibung bestimmt werden.
Gleichzeitig mit der Erarbeitung der verbalen Beschreibung des Steuerungsalgorithmus werden die Schüler mit dem Modell und seinen Funktionen vertraut gemacht. Die Abstraktion vom realen Vorgang zur modellhaften Beschreibung vereinfacht die Diskussion, da im Modell nur wesentliche Merkmale der realen Steuerung nachgebildet werden. Die sich wiederholende, in der Präzisierung ständig weiterentwickelte Beschreibung der Steuerung führt zu einen eindeutigen Algorithmus, der dann zu einem Programm in LEGO Lines umgesetzt wird.
Nach dem Start des Programms in LEGO Lines können die Reaktionen der Türsteuerung auf die Signale der Sensoren beobachtet werden. Wenn diese Reaktionen auf alle vorgesehenen Sensorsignale hin wie geplant ablaufen, dann ist sowohl die Algorithmisierung als auch die Übersetzung in LEGO Lines korrekt.
Die außerordentliche Motivation des Schülers bei derartigen Problemstellungen liefert die unmittelbare Nachprüfbarkeit, mit der er eigene Ideen verwirklichen und testen kann. Die Selbständigkeit des Schülers bei der Lösung eindeutig formulierter Problemstellungen wird durch Kombination der LEGO Modelle mit LEGO Lines in besonderer Weise gefördert.

Aufbau der algorithmisch orientierten Themenvorschläge:

Zu jedem Modellbeispiel ist ein Leitthema zur Entwicklung von Steuerungsalgorithmen und Programmen vorgeschlagen. Es ist den vorwiegend technisch orientierten Leitfragen nachgeordnet. Die technischen Leitfragen können für einen algorithmusorientierten Unterricht übergangen werden.
Die Schüler machen sich mit den Eigenschaften des Modells und der Modellsteuerung vertraut, indem sie konkrete Aufgabenstellungen bearbeiten. Diesem Vorgehen sind jeweils ein oder zwei Programmbeispiele zugeordnet.
Mit diesen Vorkenntnissen können – auf dem Weg vom Einfachen zum Schwierigen – einfache Problemstellungen aus der Realität dem Modell gemäß bearbeitet werden. Mit der Waschmaschine wird ein Waschprogramm getestet, die automatische Tür öffnet und schließt sich automatisch und die Sortieranlage sortiert hohe und flache Bausteine. Die Problemstellung bezieht sich damit primär nicht auf Strukturen im Steuerungsprogramm oder auf die mechanischen Eigenschaften des Modells. Es handelt sich vielmehr um eine an der Anwendung orientierte Problemstellung.
Der Einstieg in die programmierte Steuerung über ein komplexes Anwendungsproblem, der jüngere Schüler möglicherweise auf einem recht hohen Niveau fordert, entspricht mehr dem Vorgehen mit älteren Schülern. Die Komplexität des realen Problems wird in diesem Fall zunächst eingegrenzt und dann in dem begrenzten Rahmen eindeutig beschrieben. Die schrittweise Verfeinerung der Steueranweisungen führt schließlich zu einer algorithmischen Formulierung des Problems, welches in LEGO Lines übersetzt und getestet werden kann. Dieses Vorgehen wird anhand der Modellbeispiele Riesenrad und Schwenkarmroboter exemplarisch ausgearbeitet.

4 Hinweise zur Arbeit mit den vorgestellten Beispielen

Dieses Kapitel enthält Leitthemen und Leitfragen, die sich auf die vorgeschlagenen Modellbeispiele beziehen. Diese Vorschläge können direkt für eine Unterrichtseinheit oder als Ideensammlung benutzt werden.
Mit den computergesteuerten LEGO Modellen lassen sich, den Unterrichtszielen angepaßt, unterschiedliche Schwerpunktsetzungen realisieren.

Schwerpunkt Informatik:

Die Eigenschaften z. B. einer automatischen Türsteuerung sind den Schülern aus der täglichen Erfahrung bekannt. Es ist aber keineswegs einfach, eine algorithmische Beschreibung dieser Steuerung zu formulieren. Welche Hilfen stehen dem Lehrer für die Erarbeitung dieser oder ähnlicher Problemstellungen zur Verfügung?
Das Modell, beim Beispiel der Türsteuerung das fertig aufgebaute LEGO Modell der Tür, bietet einen günstigen Ansatzpunkt zur verbalen Formulierung der Steuerungsvorgänge. Die von den Schülern genannten Anweisungen können am Modell verdeutlicht werden. Die Wirkung der Steuerungsanweisungen lassen sich mit der LEGO Steuerkonsole oder dem computergesteuerten LEGO Interface zeigen.
Die Schüler erhalten bei diesem Vorgehen mit dem Modell eine anschauliche Unterstützung bei der Beschreibung der Steuerungsvorgänge, die im Unterricht präzisiert werden sollen.
Diese Phase des Unterrichts kann durch eine Diskussion mit dem Ziel einer eindeutigen Vorgangsbeschreibung bestimmt werden.
Gleichzeitig mit der Erarbeitung der verbalen Beschreibung des Steuerungsalgorithmus werden die Schüler mit dem Modell und seinen Funktionen vertraut gemacht. Die Abstraktion vom realen Vorgang zur modellhaften Beschreibung vereinfacht die Diskussion, da im Modell nur wesentliche Merkmale der realen Steuerung nachgebildet werden. Die sich wiederholende, in der Präzisierung ständig weiterentwickelte Beschreibung der Steuerung führt zu einen eindeutigen Algorithmus, der dann zu einem Programm in LEGO Lines umgesetzt wird.
Nach dem Start des Programms in LEGO Lines können die Reaktionen der Türsteuerung auf die Signale der Sensoren beobachtet werden. Wenn diese Reaktionen auf alle vorgesehenen Sensorsignale hin wie geplant ablaufen, dann ist sowohl die Algorithmisierung als auch die Übersetzung in LEGO Lines korrekt.
Die außerordentliche Motivation des Schülers bei derartigen Problemstellungen liefert die unmittelbare Nachprüfbarkeit, mit der er eigene Ideen verwirklichen und testen kann. Die Selbständigkeit des Schülers bei der Lösung eindeutig formulierter Problemstellungen wird durch Kombination der LEGO Modelle mit LEGO Lines in besonderer Weise gefördert.

Aufbau der algorithmisch orientierten Themenvorschläge:

Zu jedem Modellbeispiel ist ein Leitthema zur Entwicklung von Steuerungsalgorithmen und Programmen vorgeschlagen. Es ist den vorwiegend technisch orientierten Leitfragen nachgeordnet. Die technischen Leitfragen können für einen algorithmusorientierten Unterricht übergangen werden.
Die Schüler machen sich mit den Eigenschaften des Modells und der Modellsteuerung vertraut, indem sie konkrete Aufgabenstellungen bearbeiten. Diesem Vorgehen sind jeweils ein oder zwei Programmbeispiele zugeordnet.
Mit diesen Vorkenntnissen können – auf dem Weg vom Einfachen zum Schwierigen – einfache Problemstellungen aus der Realität dem Modell gemäß bearbeitet werden. Mit der Waschmaschine wird ein Waschprogramm getestet, die automatische Tür öffnet und schließt sich automatisch und die Sortieranlage sortiert hohe und flache Bausteine. Die Problemstellung bezieht sich damit primär nicht auf Strukturen im Steuerungsprogramm oder auf die mechanischen Eigenschaften des Modells. Es handelt sich vielmehr um eine an der Anwendung orientierte Problemstellung.
Der Einstieg in die programmierte Steuerung über ein komplexes Anwendungsproblem, der jüngere Schüler möglicherweise auf einem recht hohen Niveau fordert, entspricht mehr dem Vorgehen mit älteren Schülern. Die Komplexität des realen Problems wird in diesem Fall zunächst eingegrenzt und dann in dem begrenzten Rahmen eindeutig beschrieben. Die schrittweise Verfeinerung der Steueranweisungen führt schließlich zu einer algorithmischen Formulierung des Problems, welches in LEGO Lines übersetzt und getestet werden kann. Dieses Vorgehen wird anhand der Modellbeispiele Riesenrad und Schwenkarmroboter exemplarisch ausgearbeitet.

Die Waschmaschine

Technische Beschreibung:

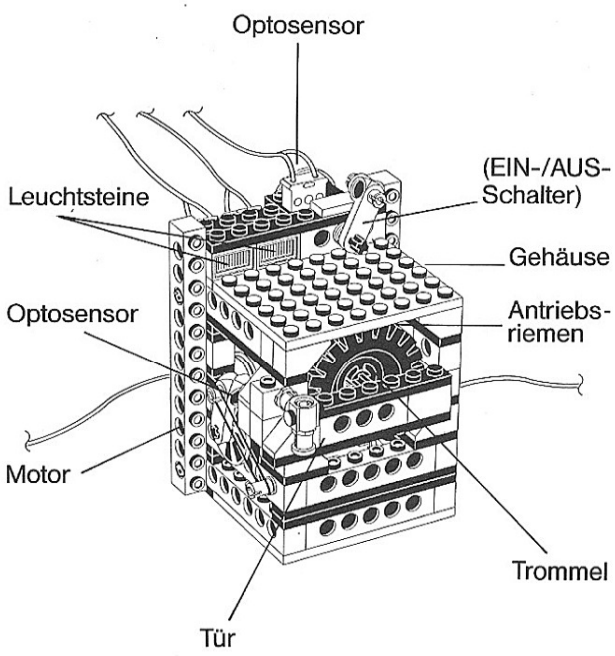


Abbildung 4.1 Technische Beschreibung

Das abgebildete Waschmaschinenmodell wird von einem 4,5 V Motor angetrieben. Die Waschmaschinentrommel wird über einen Riementrieb (Riemenscheibe und Gummiriemen) in eine Drehbewegung gesetzt. Es erfolgt eine Übersetzung ins Langsame im Verhältnis 12:1. Die beiden Leuchtsteine simulieren den Betrieb einer Pumpe bzw. einer Heizung. Das Modell wird entsprechend folgender Skizze an das Interface angeschlossen:

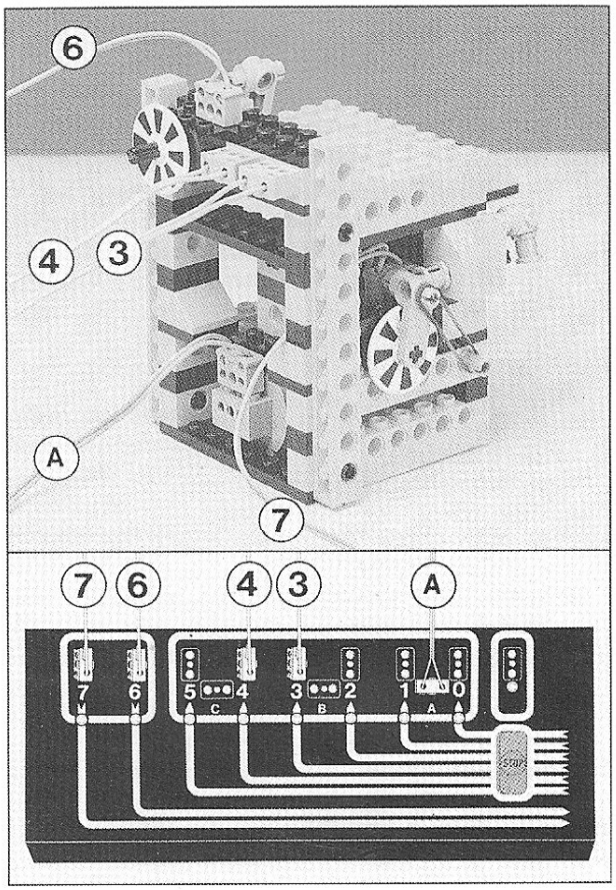


Abbildung 4.2 Anschlußbild

Auf die Anschlüsse ⑥ und ⑦ wird im Folgenden nicht eingegangen.

Technische Leitfragen:

Ein wesentlicher Vorteil des Computereinsatzes bei der Steuerung ist die leichte Änderungsmöglichkeit bei den Steuerungsprogrammen. Die Anordnung mit der Waschmaschine kann als ein Beispiel für ein vereinfachtes Entwicklungssystem von Steuerungsprogrammen angesehen werden. Die ergänzende Problemstellung kommt auf diese Thematik zurück.

Waschmaschinen werden zunehmend von einem Mikroprozessor gesteuert – warum?

Vorzüge der Computersteuerung gegenüber der bisher vorwiegend mechanischen Steuerung: Niedrige Herstellungskosten, geringere Störungsanfälligkeit und eine leichte Änderungsmöglichkeit bei der Entwicklung von Steuerungsprogrammen für Waschmaschinen

Wie funktioniert die Mikroprozessor-Steuerung in einer Waschmaschine? Wie arbeitet eine Computersteuerung?)*

Evtl. Erkundungsauftrag: Schüler benutzen Informationsquellen, z. B. Prospekte, Kataloge, Demontage defekter Geräte, Besuch in einer Werkstatt.

Wie ist eine Waschmaschine aufgebaut?

Gehäuse, Motor, Getriebe, Trommel, Pumpe, Heizung, Tür, Schalter

Die Beobachtungen sollen auf das Modell übertragen werden.

Welche Teile am LEGO Modell stellen Bauteile einer wirklichen Waschmaschine dar?

Motor, Trommel, Getriebe, Tür, Lampen als Anzeigeinstrumente

Ein wesentliches gemeinsames Merkmal ist das Riemengetriebe. Es ist ein Beispiel für ein kraftschlüssiges Zugmittelgetriebe. Vorteile sind eine kostengünstige Herstellung und ein geringer Wartungsaufwand.

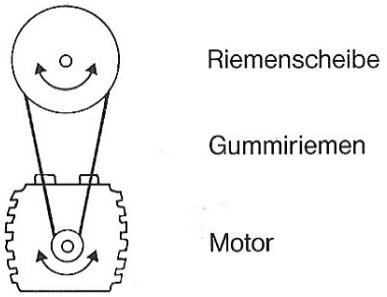


Abbildung 4.3 Riemengetriebe

Zur automatischen Steuerung einer Waschmaschine ist es wichtig, daß den Schülern der Ablauf eines Waschvorgangs bewußt ist.

Wie läuft ein Waschvorgang beispielweise ab? Die Schüler verbalisieren den Waschvorgang und verwerten dabei ihre Beobachtungen und Erfahrungen.

Vorgänge wie Pumpen, Heizen, Spülen, Schleudern werden in ihrem Ablauf geschildert. Medien: Tafelskizze, OH-Folie. Die Vorgänge werden zur nachfolgenden Programmherstellung geordnet und notiert.

*)In einer Waschmaschine arbeitet ein Mikroprozessor nach einem fest vorgegebenen Programm. In einem Personal-Computer arbeitet ebenfalls ein Mikroprozessor, allerdings zusammen mit Tastatur, Bildschirm und einem großen Arbeitsspeicher. Mit einem Personal-Computer kann das Programm für die Waschmaschinensteuerung entwickelt und getestet werden. Das fertige Programm läuft im praktischen Einsatz ab, ohne daß Tastatur, Bildschirm und ein großer Arbeitsspeicher weiter benötigt werden.

Die Schüler überlegen sich, wie sie den Waschvorgang auf das LEGO Modell übertragen können. Hierbei muß eine Zuordnung zwischen den Baugruppen der Waschmaschine und Teilen des Modells getroffen werden.

Motor, Leuchtsteine, z. B. zur Anzeige von Heizungs- und Pumpenfunktion

Die Schüler entwickeln ein Steuerungsprogramm.

Hilfen:
Steuerkonsole (siehe Kapitel 3)
Kopiervorlagen (siehe Kapitel 5)
Programmbeispiele (siehe folgende Seiten)

Die Schüler entwickeln ein anderes Steuerprogramm, beispielsweise ein Energiesparprogramm.

Ergänzende Problemstellung:

Eine computergesteuerte Waschmaschine wird normalerweise nicht mit einer Tastatur und einem Bildschirm versehen.
Welche Vorteile hat diese Anordnung für uns?

Eine leichte Änderungsmöglichkeit bei der Entwicklung von Steuerungsprogrammen

Algorithmisches Leitthema: Einfache Zählschleifen

Die Motorsteuerung mit LEGO Lines

Die Steuerung der LEGO Motoren mit dem Computer ist durch das LEGO Interface und die Software LEGO Lines erheblich vereinfacht. Der Motor des Waschmaschinenmodells kann ein- und ausgeschaltet, in der Drehrichtung verändert und in der Drehzahl gesteuert werden. Für die Einführung in die unterschiedlichen Steuerungsmöglichkeiten eignet sich das Modell der Waschmaschine in besonderer Weise, da die Modellfunktionen getestet werden können, ohne daß es bei Fehlfunktionen zu mechanischen Problemen kommt und weil die Einzelfunktionen leicht überschaubar sind.
Für die vom Modell losgelöste Ansteuerung von Lampen und Motoren soll auf Kapitel 7 verwiesen werden.
Bei den vorgeschlagenen Problemstellungen wird der Schüler anfangs mit dem Material vertraut gemacht. Der mit dem Modell mögliche Einsatz der Sensoren wird wegen den damit verbundenen Anforderungen bei der Handhabung von Strukturanweisungen vorerst zurückgestellt.
Die erste Problemstellung (Abb. 4.4) befaßt sich mit der Richtungssteuerung des Motors. Die mit der Steuerkonsole gewonnenen Erfahrungen lassen sich direkt übertragen.
Die Drehzahlsteuerung wird zusammen mit der Anweisung WIEDERHOLE n-mal eingeführt. Im Sichtlauf kann die Wirkungsweise des sehr einfachen Programms verfolgt werden. Im Ablaufmodus wird die gegenüber der manuellen Steuerung erheblich schnellere Steuerung des Computers deutlich. Im Ablaufmodus werden die Anweisungen etwa 100mal schneller bearbeitet.
Nach diesen Vorbereitungen kann der Waschvorgang mit dem Modell und den Elementen von LEGO Lines in einem vereinfachten Problemrahmen bearbeitet werden. Es wird vorerst noch kein Schwergewicht darauf gelegt, die Komplexität der realen Steuerung nachzubilden. Der Komplexitätsgrad kann mit dem Projektthema „Waschmaschinensteuerung" weiter gesteigert werden. Mit dem Einsatz der Sensoren kann dieses Vorgehen weitergeführt werden.

Vom Einfachen zum Schwierigen:

Wie kann vom Computer die Drehrichtung des Motors verändert werden?

Für die Ansteuerung wird in einer Tabelle die Wirkung der möglichen Bitkombinationen untersucht. Die Tabelle kann durch den Einsatz der Steuerkonsole vorbereitet werden.

Programmstruktur:

WIEDERHOLE
Motor aus für 10 s
Motor links für 10 s
Motor rechts für 10 s
Motor aus für 10 s
IMMER

Abbildung 4.4

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1Ø
Motor links			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	1Ø
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1Ø
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	1Ø
IMMER									

Name: WASCH 44

Wie läßt sich die Drehzahl des Motors computergesteuert verändern?

Die Drehzahl des Motors wird durch schnelles Einschalten und Ausschalten verlangsamt.
Im Sichtlaufmodus kann das Programm mit einem kleineren Wert für die WIEDERHOLE-Anweisung getestet werden. Die Schaltzeiten sind für den Ablaufmodus eingestellt, wie es im Programm Wasch45 im Modusfeld durch ABLF vermerkt ist.

Programmstruktur:

FÜR I = 1 BIS 2000
Motor ein
Motor aus
ENDE-FÜR

Abbildung 4.5

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									2ØØØ
Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									

Name: WASCH 45

Mit dem Waschmaschinenmodell soll der Waschvorgang und das Schleudern der Wäsche im Modell dargestellt werden.

Die Algorithmen zur Drehrichtungssteuerung und zur Geschwindigkeitssteuerung werden angewendet und gefestigt.
Auch hier wird mit dem Ablaufmodus gearbeitet.

Programmstruktur:

"Waschen"	
FÜR Z = 1 BIS 10	
FÜR I = 1 BIS 2000	„Waschen“
Motor rechts	
Motor aus	
ENDE-FÜR	
WARTE für 2 s	
FÜR I = 1 BIS 2000	
Motor links	
Motor aus	
ENDE-FÜR	
ENDE-FÜR	
"SCHLEUDERN"	
Motor rechts für 20 s	„Schleudern“

Abbildung 4.6

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									1Ø
WIEDERHOLE									2ØØØ
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	2
WIEDERHOLE									2ØØØ
Motor links			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									
ENDE WIEDER									
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	2Ø

Name: WASCH 46

Projektthema: Waschmaschinensteuerung

Neben den Bewegungen der Wäschetrommel lassen sich unter anderem folgende Vorgänge beschreiben:

- die Programmwahl
- das Öffnen und Schließen der Waschtrommel für den Sicherheitsverschluß der Trommeltür
- ein Test auf vorhandenes Wasser
- Wassereinlaßsteuerung
- Waschmittelzugabe
- Heizung mit unterschiedlichen Waschtemperaturen
- Abpumpen der Waschlauge
- Schleudern

Die Diskussion der Steuerung mit Schülern liefert beispielsweise folgende Ergebnisse:

Ein Waschprogramm:

Vorbereitungen:
  Wasserzufuhr für 6 Sekunden einschalten

Heizen und Waschen:
  Wiederhole 10 mal
    Heizung ein und langsam drehen linksherum für 6 Sekunden
    Heizung ein für 6 Sekunden
    Heizung ein und langsam drehen rechtsherum für 6 Sekunden
  Ende Wiederhole

Waschen:
  Wiederhole 10 mal
    langsam drehen linksherum für 6 Sekunden
    warten für 6 Sekunden
    langsam drehen rechtsherum für 6 Sekunden
  Ende Wiederhole

Abpumpen:
  Pumpe für 6 Sekunden einschalten

Schleudern:
  Motor schnell drehen und Pumpe einschalten für 6 Sekunden
  Pumpe einschalten für 2 Sekunden

Ende des Waschprogramms

Die Übertragbarkeit des realen, sehr komplexen Steuerungsproblems auf den Unterricht erfordert eine Eingrenzung der Problemstellung. Die am Waschmaschinenmodell vorhandenen zwei Sensoren und zwei Lampen weisen auf eine geeignete Eingrenzung hin. Während in erweiterten Anwendungen diese Möglichkeiten vollständig genutzt werden können, soll an dieser Stelle vorerst nur die Heizung und die Wasserzufuhr, durch die beiden Leuchtsteine symbolisiert, verwendet werden.
Die Vereinfachungen haben Modellcharakter und sollen dem Schüler bewußt gemacht werden.
Der LEGO Leuchtstein am Anschluß ③ soll die Wasserzufuhr, der weitere Leuchtstein am Anschluß ④ die Heizung symbolisieren.

Programmstruktur:

"Wassereinlaß"	
Wasser für 5 s	
"Waschen und Heizen"	
FÜR Z=1 BIS 10	„Wassereinlaß“
FÜR I=1 BIS 2000	„Heizen“
Heizen, Motor rechts	
Heizen, Motor aus	
ENDE-FÜR	
Heizen für 2 s	
FÜR I=1 BIS 2000	
Heizen, Motor links	
Heizen, Motor aus	
ENDE-FÜR	
ENDE-FÜR	
"Waschen"	
FÜR Z=1 BIS 10	„Waschen“
FÜR I=1 BIS 2000	
Motor rechts	
Motor aus	
ENDE-FÜR	
Warte für 2 s	
FÜR I=1 BIS 2000	
Motor links	
Motor aus	
ENDE-FÜR	
ENDE-FÜR	
"Schleudern"	„Schleudern“
Motor rechts für 20 s	

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Wasser			Ø	Ø	1	Ø	Ø	Ø	5
WIEDERHOLE									1Ø
WIEDERHOLE									2ØØØ
Heiz Motor r			Ø	1	Ø	Ø	Ø	1	
Heiz Motor a			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									
Heizen			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	2
WIEDERHOLE									2ØØØ
Heiz Motor l			Ø	1	Ø	Ø	1	Ø	
Heiz Motor a			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									
ENDE WIEDER									
WIEDERHOLE									1Ø
WIEDERHOLE									2ØØØ
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	2
WIEDERHOLE									2ØØØ
Motor links			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									
ENDE WIEDER									
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	2Ø

Name: WASCH 47

Abbildung 4.7

Die Teile dieses längeren Programms können einzeln getestet werden. Dazu wird beispielsweise nach den Programmteilen „Heizen“ oder „Waschen“ eine Leerzeile eingefügt und die Schreibmarkierung in den zu testenden Programmteil gebracht. Nach dem Start des Programms wird nur der gewählte Teil bearbeitet. Wenn in der Testphase im Sichtlaufmodus gearbeitet werden soll, sind die Werte der WIEDERHOLE 2000 Anweisungen auf den Wert 20 zu verändern.

Die getesteten Programmteile werden zusammengefügt, indem die Leerzeilen gelöscht werden. Im Ablaufmodus kann die Bewegung des Motors gleichmäßiger gesteuert werden. Dazu werden die WIEDERHOLE-Anweisungen vor „Motor r“ oder „Motor rechts“ wieder auf den Wert 2000 verändert.

Die Sortieranlage

Technische Beschreibung:

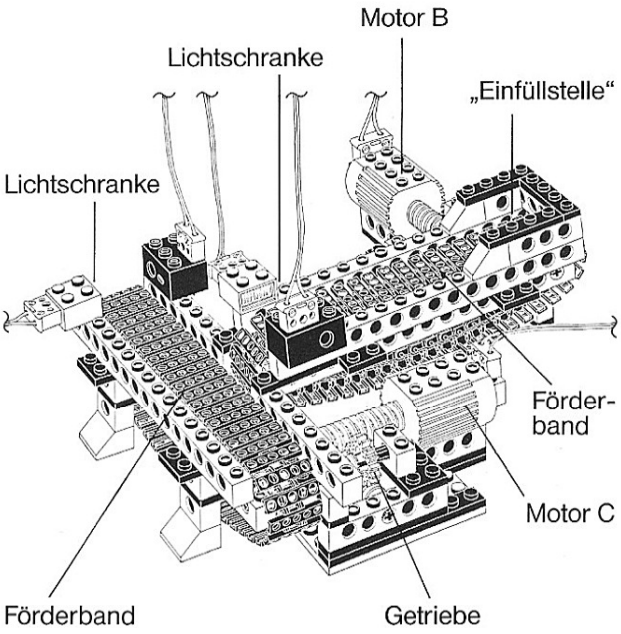


Abbildung 4.8

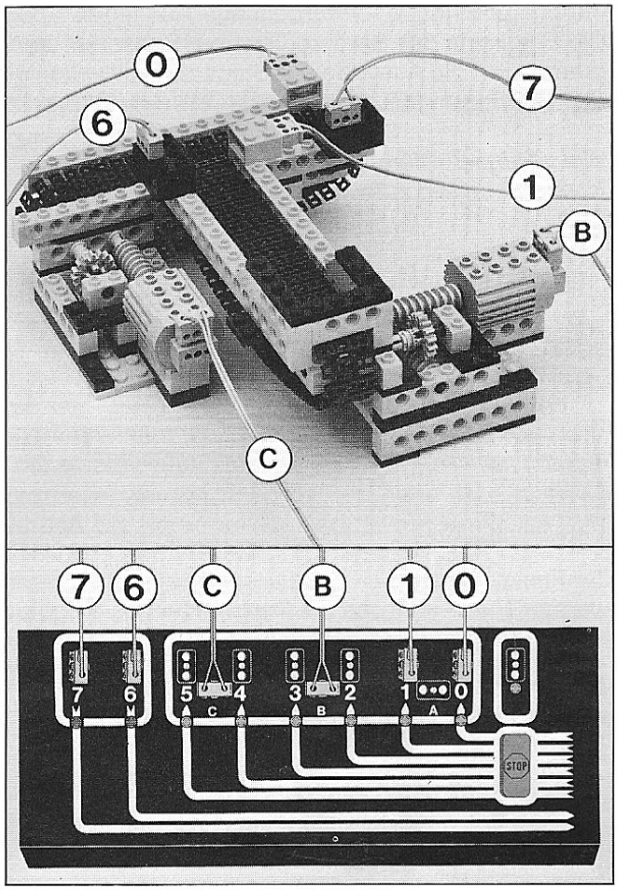


Abbildung 4.9 Anschlußbild

Die Sortieranlage besteht aus zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Förderbändern. Von der „Einfüllstelle“ des erste Bandes wird das Transportgut auf das zweite Band befördert, welches je nach Drehrichtung des zweiten Motors nach links oder nach rechts läuft. Die Motoren B und C treiben die beiden Förderbänder über je ein Schneckengetriebe an. Die beiden Getriebe sind baugleich und verlangsamen die Drehbewegung der Motoren in der Weise, daß die Förderbänder bei 34 Motorumdrehungen eine Strecke von 1 cm Länge zurücklegen.
Die am Ende des ersten Bandes befindliche Lichtschranke reagiert z. B. bei hohen LEGO Steinen, nicht aber bei den LEGO Platten. So kann die Laufrichtung des zweiten Förderbandes je nach Größe des Transportgutes verändert werden.
Das Modell wird entsprechend folgender Skizze an das Interface angeschlossen:

Technische Leitfragen:

Ein grundlegendes Prinzip des Steuerns ist die Steuerkette bzw. das EVA-Prinzip. Die Abkürzung EVA steht hierbei für Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe.
Die Erfassung des Sortiergutes über Sensoren, die Verarbeitung seiner Unterscheidungsmerkmale im Programm und die Ausgabe der Steuerungsanweisungen an die Motoren der Sortieranlage sind ein Beispiel für dieses Prinzip im Zusammenhang mit dem Computer und einer Sortieranlage.

Wie ist eine Sortieranlage aufgebaut? Nenne wesentliche Teile!

Evtl. Medieneinsatz wie Filme oder Dias der Bildstelle, Realbegegnung beispielsweise bei einer Getränke-Abfüllanlage, Erkundungsauftrag: Einfüllstelle, Förderstrecke, Erfassungsstelle. Das Sortiergut wird nach bestimmten Unterscheidungsmerkmalen von Sensoren erfaßt. Entsprechend seiner Merkmale wird das Sortiergut im Trennungsteil getrennt und weiter befördert.

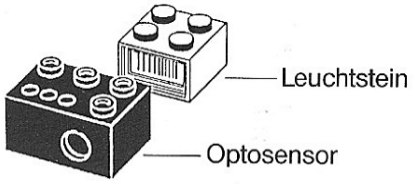
Welche Aufgaben übernimmt der Computer bei der automatischen Steuerung der Sortieranlage?

Evtl. Medieneinsatz, Realbegegnung, Erkundungsauftrag:
Steuern der Motoren, Abfragen der Sensoren, Verarbeiten der Sensorsignale

Die Funktionsweise einer computergesteuerten Sortieranlage soll anhand des LEGO Modells nachvollzogen werden. Hierzu müssen die Beobachtungen aufgegriffen und auf das Modell übertagen werden.

Die wesentlichen Baugruppen des LEGO Modells werden im Vergleich zu den Beobachtungen herausgestellt.

Die Schüler benennen die Teile und beschriften evtl. eine Skizze (evtl. Kopiervorlagen 5.13, Kapitel 5) Einfüllstelle, Förderstelle, Erfassungsstelle mit Lichtschranken, Querförderband als Trennungsteil

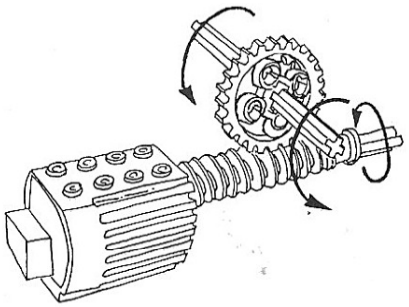


Der Optosensor und der Leuchtstein sind so plaziert, daß die ovale Sensoröffnung beleuchtet wird.

Abbildung 4.10 Lichtschranke

U. U. ergibt sich aus den Beobachtungen das Problem der relativ langsamen Bandgeschwindigkeit bei hoher Motorendrehzahl.

Im LEGO Modell wird dieses Problem über ein Schneckengetriebe gelöst



Für das Sortiergut lassen sich beispielhaft hohe und flache LEGO Steine verwenden, die „2 oder 3 Knöpfe lang" sind.

Abbildung 4.11 Schneckengetriebe

Wie läuft der Sortiervorgang ab?	Verbalisierung und Konkretisierung des Vorgangs, Hinführung zum Programm. Das EVA-Prinzip wird am Beispiel konkret ausformuliert. Hilfe: evtl. Steuerkonsole
Die Schüler entwickeln ein Steuerungsprogramm, z. B. für eine Sortierung nach der Größe	Hilfen: Kopiervorlagen (siehe Kapitel 5) Programmbeispiele (siehe folgende Seiten)

Algorithmisches Leitthema: Die Verzweigung steuert den Programmablauf

Die Abfrage der LEGO Optosensoren

Mit der Sortieranlage lassen sich die Optosensoren und die mit der Abfrage der Sensoren verbundenen Programmstrukturen im Unterricht besonders gut thematisieren. Bei ersten Arbeiten mit computergesteuerten LEGO Modellen erscheint es sinnvoll, vorerst einfache Steuerungen und Programmstrukturen zu verwenden. Darauf aufbauend kann die Wirkungsweise der Sensoren mit einem Leuchtstein als Lichtschranke am Modell der Sortieranlage oder am Modell der automatischen Tür erarbeitet werden. Anschließend kann der Einsatzbereich der Sensoren auf die Schrittsteuerung erweitert werden. Die Sortieranlage und die automatische Tür stellen in einem solchen Unterrichtsgang die Verbindung zwischen den Anwendungsbereichen her.
Unabhängig von diesem, an technischem Sachverhalt und an der Komplexität der Programmstrukturen orientiertem Vorgehen kann die Schrittsteuerung der folgenden Kapitel auch ohne die genannten Vorversuche im Unterricht behandelt werden. LEGO Lines stellt durch die Anweisung ZÄHLE die Möglichkeit einer elementaren Programmierung der Schrittsteuerung zur Verfügung.

Vom Einfachen zum Schwierigen:

Zum Sortieren wird ein Motor abhängig vom Zustand eines Sensors gesteuert. Den einfachsten Zusammenhang beschreibt Abb. 4.12. Die Schüler neigen zur Formulierung „Wenn der Sensor aktiv ist, dann soll der Motor eingeschaltet werden" und denken nicht daran, den Motor wieder abzuschalten. In Abb. 4.12 wird der Motor vor jeder Abfrage ausgeschaltet. Zur Veranschaulichung der Sensorsignale kann der Direktmodus verwendet werden.
Neben dem Steuerungsprogramm nach Abb. 4.12 leistet das Programm nach Abb. 4.13 ähnliches. Beide Programme können sorgfältig miteinander verglichen werden, wobei die Programmstruktur in Abb. 4.12 und 4.13 die Planung der Alternativen WENN JA und WENN NICHT wesentlich unterstützt.
Nach diesen Vorbereitungen kann ein Sortierproblem bearbeitet werden. Der einfachste Fall besteht in dem Sortieren von flachen und hohen Bausteinen (LEGO Platten und LEGO Steinen), von denen nur die LEGO Steine den Sensor 6 aktivieren. Die Grundstruktur des Programms besteht in der Richtungsänderung des Förderbands C in Abhängigkeit vom Signal des Sensors 6. Die sichere Erkennung der LEGO Steine durch den Sensor muß kurzfristig geschehen, so daß im Anschluß an die Programmerprobung der Ablaufmodus zum Sortieren benutzt wird. Dicht hintereinander liegende, unterschiedliche Bausteine werden mit dem Programm mitunter in die gleiche Richtung sortiert. Dieser Sachverhalt kann als Ausgangspunkt für die Programmerweiterung nach Abb. 4.15 gewählt werden.
Das Sortierproblem von dicht aufeinander folgenden LEGO Steinen wird im Projektthema bearbeitet. Das Sortierprogramm nach Abb. 4.14 wird erweitert mit dem folgenden Ziel: Wenn ein LEGO Stein mit dem Förderband C sortiert wurde, werden beide Förderbänder wieder in die Position zurückgeführt, die sie bei der Erkennung des Bausteins durch Sensor 6 hatten. Ein nachfolgender Baustein wird dadurch vor den Sensor 6 geführt und erneut auf seine Höhe untersucht.

Ein Motor soll abhängig vom Zustand eines Sensors ein- und ausgeschaltet werden.

Der Zustand des Sensors 6 wird im Direktmodus getestet. Mit der Steueranweisung WENN wird der Sensorzustand in Programmverzweigungen benutzt.

Programmstruktur:

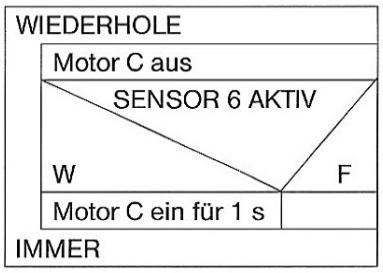


Abbildung 4.12

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
Motor C aus			Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	
WENN		1							
Motor C ein			Ø	1	Ø	Ø	1	1	1
ENDE WENN									
IMMER									

Name: SORT 412

Eine andere Lösung des Problems liefert ein längeres Programm mit verkürzter Reaktionszeit der Steuerung:

Programmstruktur:

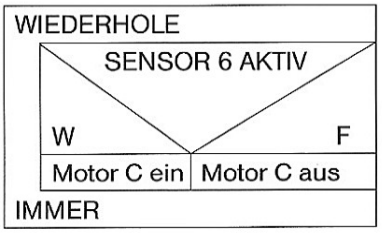


Abbildung 4.13

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
WENN		1							
Motor C ein			Ø	1	Ø	Ø	1	1	
ENDE WENN									
WENN		Ø							
Motor C aus			Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	
ENDE WENN									
IMMER									

Name: SORT 413

Die Sortieranlage soll LEGO Steine und LEGO Platten sortieren.

Der Optosensor 6 wird durch LEGO Steine aktiviert, durch LEGO Platten nicht. Abhängig vom Signal des Sensors wird der Motor C und damit das Sortierband in seiner Richtung umgeschaltet. Wegen der erforderlichen schnellen Signalerkennung wird der Ablaufmodus für das Programm gewählt. LEGO Steine und LEGO Platten der Größe 2 mal 2 Knöpfe sind als Sortiergut besonders geeignet.

Programmstruktur:

„Vorbereitung“	
Motor B links, Lampen ein	
„Sortieren	
WIEDERHOLE	
SENSOR 6 AKTIV	
W	F
Motor C rechts für 10 s	Motor C links
IMMER	

Programm in LEGO Lines:

„Vorbereitung“
„Sortieren“

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor Lampen			Ø	Ø	1	Ø	1	1	
WIEDERHOLE									
WENN		1							
Motor C re			Ø	1	1	Ø	1	1	1Ø
ENDE WENN									
WENN		Ø							
Motor C li			1	Ø	1	Ø	1	1	
ENDE WENN									
IMMER									

Name: SORT 414

Abbildung 4.14

Projektthema: Sortieren nach Zahl und Größe

Das Sortieren von Gegenständen mit der Sortieranlage kann sich auf verschiedene Kriterien beziehen: Die Höhe der Bausteine wird mit einem Sensor abgetastet, oder es lassen sich bis zu drei unterschiedliche Bausteinhöhen oder verschiedene Bausteinlängen erkennen. Die Anordnung der Sensoren gemäß der Bauanleitung 1090 D eignet sich zum Differenzieren der Bausteine nach der Höhe und zum Zählen der hohen Bausteine.
Das Zählen der Bausteine bereitet die Anwendung des Optosensors zum Zählen und zur Schrittsteuerung bei den folgenden Modellen vor.
In dem ausgeführten Projektthema wird das Sortieren nach Höhe mit geringeren Einschränkungen als in den bislang behandelten Beispielen vorgestellt. Zwei aufeinanderfolgende, unterschiedliche LEGO Steine, ein hoher und ein flacher, sollen ebenfalls richtig sortiert werden. Dazu werden die beiden Förderbänder über eine Zeitplansteuerung präzise positioniert.
Wegen der erforderlichen schnellen Signalerkennung wird wieder der Ablaufmodus benutzt.

Programmstruktur:

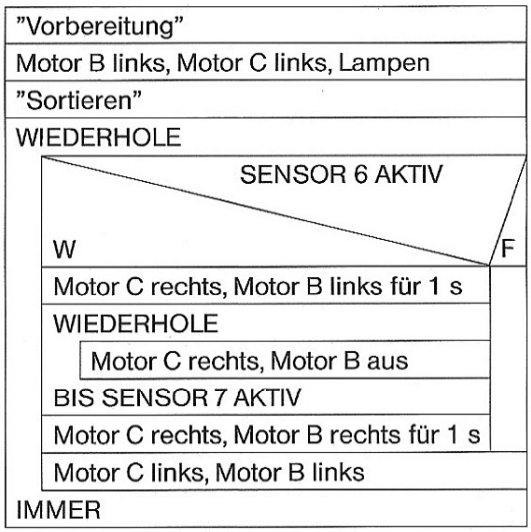


Abbildung 4.15

Programm in LEGO Lines:

„Vorbereitung“
„Sortieren“

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor Lampen			1	Ø	1	Ø	1	1	
WIEDERHOLE									
WENN		1							
MC r MB l			Ø	1	1	Ø	1	1	1
WIEDERHOLE									
MC r			Ø	1	Ø	Ø	1	1	
BIS	1								
MC r MB r			Ø	1	Ø	1	1	1	1
ENDE WENN									
MC l MB l			1	Ø	1	Ø	1	1	
IMMER									

Name: SORT 415

Die automatische Tür

Technische Beschreibung:

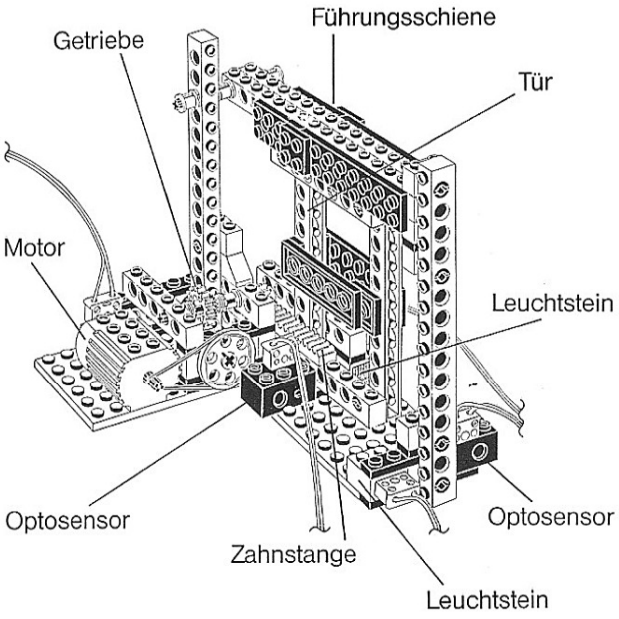


Abbildung 4.16

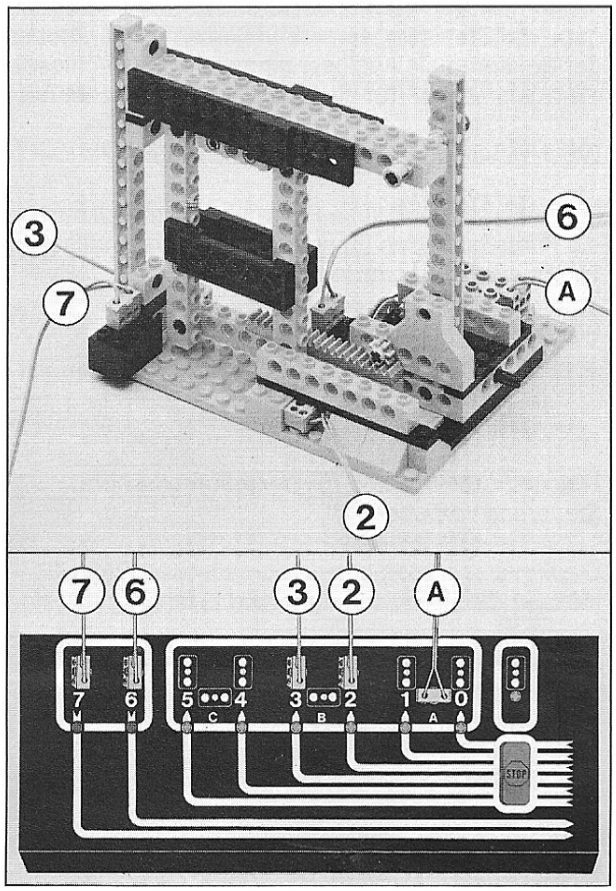


Abbildung 4.17 Anschlußbild

Die abgebildete Tür wird von einem 4,5 V Motor geöffnet und geschlossen. Die Unterseite der Tür liegt auf einer aus Steinen ohne Knöpfe gebildeten Schiene. Das Getriebe besteht aus Gummiriemen, Riemenrad, Zahnrädern, Schnecke und Welle. Es übersetzt die Drehbewegung des Motors ins Langsame. Die verlangsamte Drehbewegung wird durch zwei Zahnstangen in eine Linearbewegung umgewandelt.
Zwei Lichtschranken die jeweils aus einem Optosensor und einem Leuchtstein bestehen, geben über das LEGO Interface die Impulse zur Steuerung der Tür.
Das Modell wird entsprechend folgender Skizze an das Interface angeschlossen:

Technische Leitfragen:

Ähnlich wie bei der Sortieranlage läßt sich bei der automatischen Tür das EVA-Prinzip sehr anschaulich darstellen: Erfassung der passierenden Personen über Sensoren, Verarbeitung der Signale im Programm, Ausgabe der Steuerungsanweisungen an den Antriebsmotor der Tür. Betrachtet man jedoch den Eingabeimpuls der Sensoren als Auslöser eines in sich geschlossenen Steuerungsvorganges zum Öffnen der Tür, so kann die automatische Tür als Beispiel einer sogenannten Folgesteuerung angesehen werden.

Welchen Vorzug bieten automatische Türen? Die Antworten auf diese Fragen können u. U. durch die Frage nach den Einsatzorten von automatischen Türen unterstützt werden.	Ersetzen monotoner Arbeit, z. B. bei Fahrstuhltüren, Energieeinsparung z. B. bei Außentüren, da sie in jedem Fall geschlossen werden, Komfort für die Durchgangsperson beim Türöffnen und -schließen, einfache Leitung von Käufer- und Besucherströmen
Wie funktioniert eine automatische Tür?	Erkundungsauftrag, Realbegegnung, Medieneinsatz: Lichtschranke mit sichtbarem Licht u. Infrarotlichtschranke, Sensoren und andere Kontakte als Auslöser
Welche Probleme sind mit der automatischen Steuerung verbunden?	Die Tür kann beim Schließen möglicherweise Menschen oder Sachen gefährden.

Die Funktionsweise einer automatischen Tür soll anhand des LEGO Modells nachvollzogen werden. Hierzu müssen die Beobachtungen und Erfahrungen aufgegriffen und auf das Modell übertragen werden.

Die Baugruppen des LEGO Modells werden im Vergleich zu den Beobachtungen herausgestellt.	Die Schüler benennen die Teile und beschriften evtl. eine Skizze (evtl. Kopiervorlage 5.15, Kapitel 5) Baugruppen, wie Tür, Türführung, Antrieb, Sensor
Wie arbeitet die Lichtschranke in der automatischen Tür?	Praktische Erprobung mit Beschreibung der Funktionsweise am Beispiel des LEGO Modells. Tritt ein Gegenstand zwischen Leuchtstein und Optosensor, wird der Sensor abgedunkelt und der Schaltzustand verändert.
Wie läuft der Vorgang des Öffnens und Schließens ab?	Verbalisieren des Vorgangs: z. B. beim Passieren von Einzelpersonen. Hilfe: evtl. Steuerkonsole
Die Schüler entwickeln ein Steuerungsprogramm	Hilfen: Kopiervorlagen (siehe Kapitel 5) Programmbeispiele (siehe folgende Seiten)

Algorithmisches Leitthema: Wahrheitswerte von zusammengesetzten Aussagen.

Erfahrungsgemäß fällt den Schülern die richtige Verwendung der Alternative „WENN – DANN – SONST", die abhängig vom Wahrheitswert der Aussage nach WENN verzweigt, nicht leicht. In LEGO Lines wird deshalb mit WENN – ENDE WENN eine einfache Struktur bereitgestellt. Die Wahrheitswerte liefert die folgende Tabelle:

Spalten im Programmraster:				
7	6	Die Bedingung ist erfüllt, wenn:		
X	0			Sensor 6 inaktiv,
X	1			Sensor 6 aktiv,
0	X	Sensor 7 inaktiv,		
1	X	Sensor 7 aktiv,		
0	0	Sensor 7 inaktiv	*und*	Sensor 6 inaktiv
0	1	Sensor 7 inaktiv	*und*	Sensor 6 aktiv
1	0	Sensor 7 aktiv	*und*	Sensor 6 inaktiv
1	1	Sensor 7 aktiv	*und*	Sensor 6 aktiv.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß der Wert X den zugehörigen Sensor unberücksichtigt läßt. Wenn zwei Werte in den Spalten 6 und 7 des Programmrasters eingetragen sind, dann werden die Aussagen mit „und" verknüpft.

Statt der LEGO Optosensoren können zwei LEGO Tastensensoren verwendet werden. Bei den Tastensensoren besteht die Möglichkeit, beide parallel an den Anschluß ⑥ oder ⑦ anzuschließen. In diesem Fall wird durch die Anschlußweise eine ODER-Verknüpfung realisiert. Das Interface meldet den aktiven Zustand 1, wenn der eine oder der andere Taster betätigt wird.
Die ausgeführten Problemstellungen beziehen sich auf drei Schwerpunkte:
Mit der Benutzung zweier Sensoren wird der Wahrheitswert einer zusammengesetzten Aussage untersucht. Nach der einführenden Problemstellung in Abb. 4.18 werden die beiden Sensoren in die Türsteuerung einbezogen (Abb. 4.19).
Davon weitgehend unabhängig wird in Abb. 4.20 eine Programmstruktur zum Zählen von Objekten vorbereitet. Diese Struktur wird in den folgenden Modellbeispielen wieder aufgenommen und in komplexeren Zusammenhängen weitergeführt.
Von den vorangegangenen Themen weitgehend unabhängig, aber recht anspruchsvoll ist das Projektthema „Steuerung einer automatischen Tür". Bei diesem Thema sollen beim Schließen der Tür gleichzeitig die Signale der Sensoren ausgewertet werden. Da sequentiell arbeitende Computer jedes derartige Problem durch ein schnelles Nacheinander der Aufgaben „Tür schließen" und „Sensorsignale auswerten" lösen müssen, spiegelt sich im Programm eine derartige Struktur wieder.

Vom Einfachen zum Schwierigen:

Wie läßt sich die Tür öffnen und schließen?

Die Tür wird durch eine Zeitplansteuerung geöffnet und geschlossen. Die benötigten Zeitspannen werden gemessen und in das Programm eingetragen.

Programmstruktur:

WIEDERHOLE
Tür auf für 4 s
Warte für 4 s
Tür zu für 4 s
IMMER

Abbildung 4.18

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	4
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	4
IMMER									

Name: Tür 418

Welche Bedingungen lassen sich mit zwei Optosensoren zum Öffnen der Tür verwirklichen?

Es werden nacheinander die Bedingungen „Sensor 6 ist aktiv", „Sensor 7 ist aktiv", „Sensor 6 ist aktiv und Sensor 7 ist aktiv" zum Öffnen der Tür verwendet.

Programmstruktur:

WIEDERHOLE	
	SENSOR 6 AKTIV
W	F
Tür auf für 4 s	
Warte für 4 s	
Tür zu für 4 s	
Motor aus	
IMMER	

Abbildung 4.19

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
WENN		1							
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	4
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	4
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WENN									
IMMER									

Name: Tür 419

Während diese Fragestellung auf das Projektthema vorbereitet, wird durch die folgende Aufgabe das Zählen und die Schrittsteuerung beim Positionieren vorbereitet.

Es sollen nur 10 Personen eingelassen werden.

Die Verwendung des Sensors zum Zählen wird an anschaulichen Beispielen vorbereitet.
Der Anfangszustand zum Zählen soll durch einen freien Durchgang gegeben sein. Steht jedoch eine Person in der Tür und damit vor dem Sensor, wird solange gewartet, bis der Durchgang wieder frei ist, und der Sensor den passiven Zustand meldet. Anschließend wird auf den aktiven Zustand gewartet. Dieser tritt auf, wenn jemand durch die Tür geht. Damit ist eine Person erkannt.
Der folgende Zählvorgang beginnt, wenn die erste Person die Tür verlassen hat und der Sensor den passiven Zustand meldet. Die Abläufe wiederholen sich.
Nachdem die zehnte Person erkannt wird, endet die Zählschleife im Programm.

Programmstruktur:

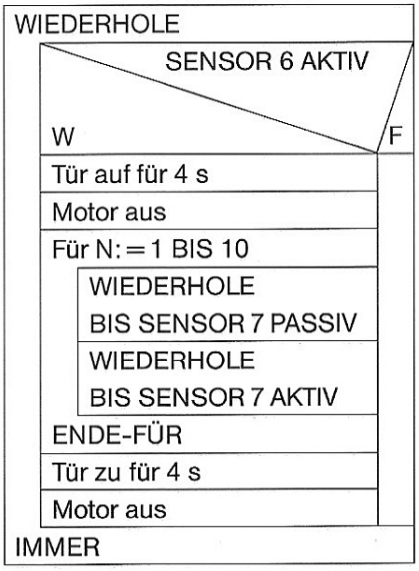


Abbildung 4.20

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
WENN		1							
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ZÄHLE	1								1Ø
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	4
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WENN									
IMMER									

NAME: Tür 420

Projektthema: Steuerung einer automatischen Tür

Während in einer vereinfachten Form die Steuerung der automatischen Tür problemlos ist, erfordert eine realitätsnahe Problemlösung eine sorgfältige Beschreibung der ablaufenden Vorgänge. Die Tür wird geöffnet, wenn sich eine Person nähert. Anschließend wird sie nach kurzer Wartezeit wieder geschlossen. An dieser Stelle erfordert die realitätsnahe Türsteuerung den Test, ob eine weitere Person durch die Tür geht. In diesem Fall muß die Tür wieder geöffnet werden.
Tritt dieser Fall ein, muß sorgfältig erarbeitet werden, welche Steuerungsanweisungen dann wiederholt werden müssen.

In diesem Beispiel werden die beiden Sensoren abgefragt und die Tür dann für eine kurze Zeitspanne geschlossen. Der gesamte Vorgang wird 40mal wiederholt. Im Sichtlaufmodus kann das Nacheinander der Sensorabfrage und der Motorsteuerung sehr gut verfolgt und getestet werden. Im Ablaufmodus ergibt sich eine ausreichend schnelle Reaktion der Steuerung, die damit eine in der Praxis anwendbare Problemlösung liefert.

Programmstruktur:

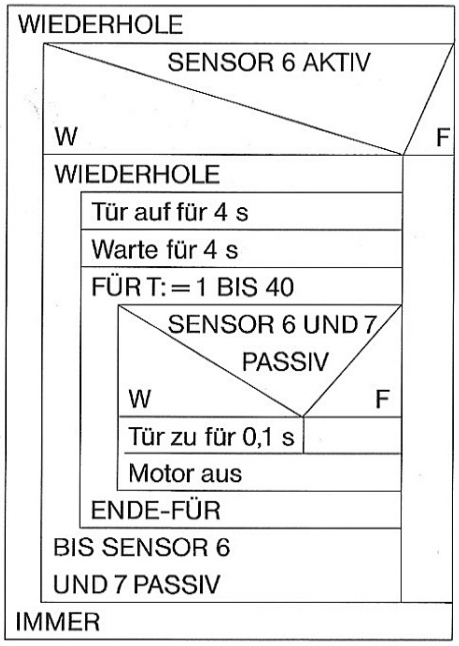


Abbildung 4.21

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
WENN		1							
WIEDERHOLE									
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	4
WIEDERHOLE									4Ø
WENN	Ø	Ø							
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,1
Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WENN									
ENDE WIEDER									
BIS	Ø	Ø							
ENDE WENN									
IMMER									

Name: Tür 421

Das Riesenrad

Technische Beschreibung:

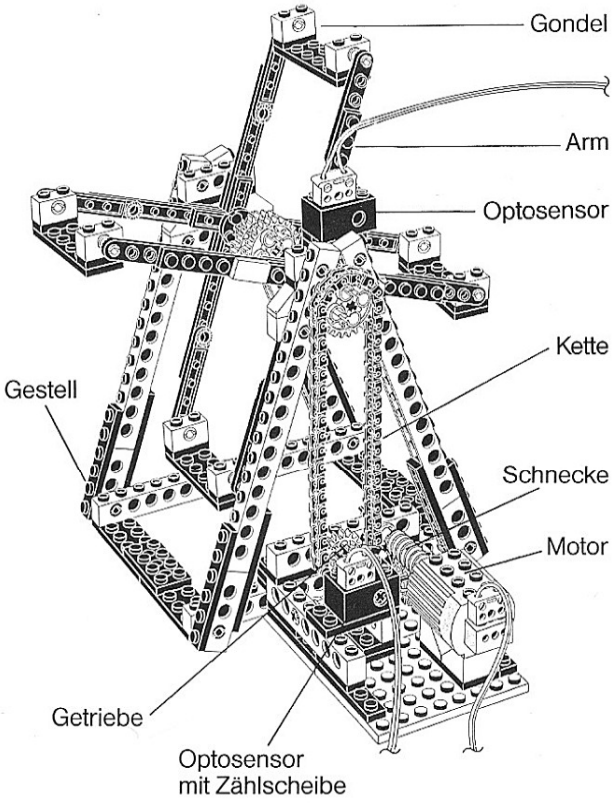


Abbildung 4.22 Technische Beschreibung

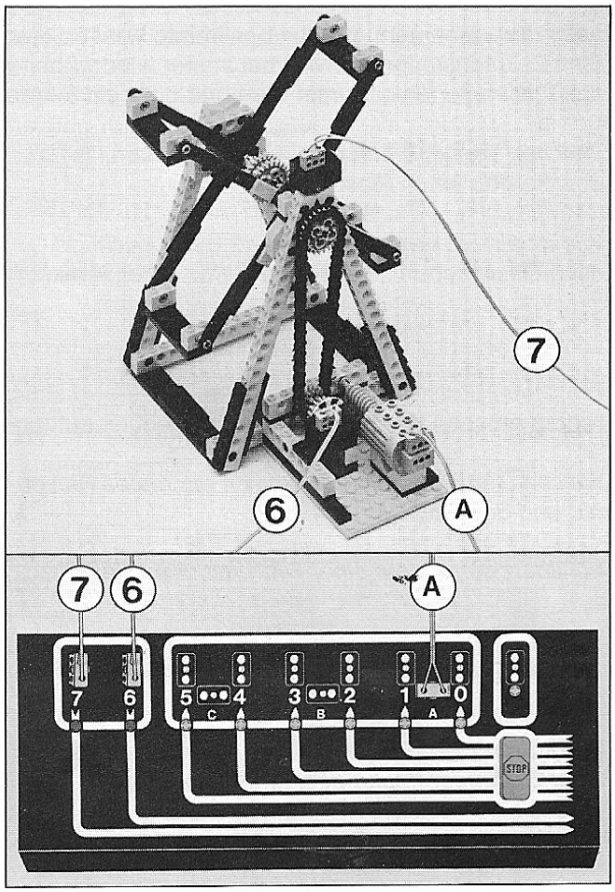


Abbildung 4.23 Anschlußbild

Das Gestell des Riesenrades ist im Dreiecksverband konstruiert und trägt eine Welle, an der die vier Arme mit vier Gondeln befestigt sind. Die Drehbewegung des 4,5 V Motors wird über ein Getriebe auf das Zahnrad übertragen. Das Getriebe besteht aus Schnecken, Zahnrädern und Kette. Es bewirkt eine Übersetzung ins Langsame im Verhältnis von ca. 400 : 1. Ein Optosensor mit Zählscheibe ermöglicht die Kontrolle über die Drehbewegung des Riesenrades.
Das Modell wird entsprechend folgender Skizze an das Interface angeschlossen:

Auf den Anschluß ⑦ wird im Folgenden jedoch nicht weiter eingegangen.

Technische Leitfragen:

Ein typisches Steuerungsproblem ist die immer wiederkehrende präzise Positionierung, wie es zum Beispiel die Gondeln eines Riesenrades oder ein Roboterarm erfordern. Eine automatische Steuerung, die diesen Anforderungen genügt, setzt bestimmte Konstruktionsmerkmale, wie genaue Impulsgeber, voraus.
Eine Zeitplansteuerung wird bei immer wiederkehrenden Positioniervorgängen zu ungenau, da sich in diesem Fall Positionierfehler summieren und über ein tolerierbares Maß hinaus anwachsen.

Welchen Vorzug bietet die Computersteuerung für den Betrieb eines Riesenrades?

Erhöhung der Sicherheit, z. B. durch weniger Bedienungsfehler, Entlastung für den Menschen

Wie ist ein Riesenrad aufgebaut? Berücksichtige auch Gesichtspunkte aus dem Bereich der Statik!

Die Schüler nennen wesentliche Teile, z. B. Verankerung, Stabilität durch Dreiecksverband, Profile und beschriften eine Skizze (evtl. Kopiervorlagen 5.17, Kapitel 5)

Die Steuerungsprobleme bei einem Riesenrad sollen anhand des LEGO Modells nachvollzogen werden. Hierzu müssen die Erfahrungen der Schüler aufgegriffen und auf das Modell übertragen werden.

Welche Gemeinsamkeiten weisen ein reales Riesenrad und das LEGO Modell auf?

Motor, Getriebe, Arme, Gondeln ...

Schildert den Ablauf einer Fahrt mit dem Riesenrad!

Hinführung zum Steuerungsprogramm.
Hierbei entsteht das wichtige Problem der Gondelpositionierung. Die Verwendung einer Steuerkonsole führt auf eine Steuerung der Einschaltzeiten des Antriebsmotors, also auf eine Zeitplansteuerung

Wie können die Gondeln immer wieder präzise vor einer Einstiegsöffnung positioniert werden?

Die technische Konstruktion zur Steuerung hat als wesentliches Element eine Zählscheibe, die ein Bestandteil des Getriebes ist. Sie liefert Impulse an den davor plazierten Optosensor.
Im Programm werden diese Impulse gezählt und zur Steuerung des Riesenrades weiterverarbeitet. Für eine sichere Plazierung der Gondeln ist es also wichtig zu wissen, wieviel Impulse die Zählscheibe bei einer Umdrehung des Riesenrades liefert.

Berechnet die Zahl der Umdrehungen der Zählscheibe bei einer 360° Drehung des Riesenrades!

Betrachtungsweise:
Vom Abtrieb zum Antrieb. Bei einer 360° Drehung des Riesenrades vollzieht das auf derselben Kreuzachse befindliche Zahnrad C (24 Zähne) ebenfalls eine 360° Drehung. Über die Kette werden das Zahnrad D (16 Zähne) und die auf derselben Kreuzachse steckende Zählscheibe, die damit dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit hat, angetrieben.

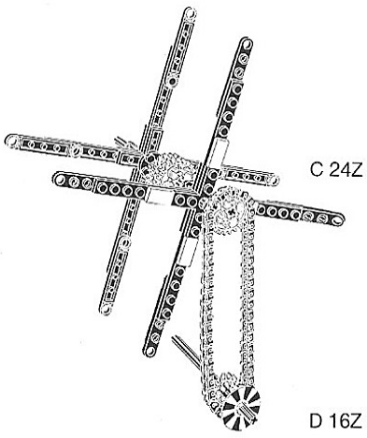


Abbildung 4.24 Antrieb Riesenrad

Die Drehzahl für das Zahnrad D wird nach der Verhältnisgleichung für Ketten- und Zahnradgetriebe berechnet:

$$\frac{\text{Drehzahl D}}{\text{Drehzahl C}} = \frac{\text{Zähnezahl C}}{\text{Zähnezahl D}}$$

$$\text{Drehzahl D} = \frac{\text{Zähnezahl C}}{\text{Zähnezahl D}} \cdot \text{Drehzahl C}$$

$$= \frac{24}{16} \cdot \text{Drehzahl C}$$

$$= 1{,}5 \cdot \text{Drehzahl C}$$

Bei einer Drehung des Riesenrades, also einer Drehung des Zahnrades C, dreht sich die Zählscheibe 1,5 mal. Wenn die Seite der Zählscheibe mit 8 schwarzen und 8 weißen Segmenten verwendet wird, registriert der Computer bei einer Umdrehung 8 Übergänge von schwarz auf weiß und 8 Übergänge in umgekehrter Folge. Die ZÄHLE-Anweisung bezieht sich in der beschriebenen Form auf den ersten der beiden Fälle, es werden damit 8 Schritte für eine Umdrehung gezählt. Für 1,5 Umdrehungen ergibt sich: 8 Schritte je Umdrehung × 1,5 Umdrehungen = 12 Schritte.

Die Schüler entwickeln ein Steuerungsprogramm:

Das Ergebnis der 12 Schritte kann nun aufgegriffen werden
Hilfen:
Kopiervorlagen (siehe Kapitel 5)
Programmbeispiele (siehe folgende Seiten)

Algorithmisches Leitthema: Ein Unterprogramm zur Schrittsteuerung

Bemerkungen zu den Positionierungsverfahren

Beim Modell „Riesenrad" wird der LEGO Optosensor zusammen mit der Zählscheibe zum genauen Positionieren eingesetzt. Während bei den Programmen zur Sortieranlage und zur automatischen Tür eine Zeitplansteuerung der Motoren benutzt wurde, können jetzt Wege oder Winkel genau positioniert werden.
Mit der Zählscheibe werden Impulse gemessen, die von der Zählscheibe erzeugt und vom LEGO Optosensor gemessen werden. Die Zählscheibe besitzt auf der einen Seite 8, auf der anderen 4 schwarze und weiße Segmente. Bei einer Umdrehung der Achse mit der darauf angebrachten Zählscheibe werden im ersten Fall 8 Impulse, also 8 mal die Folgen der Zustände 0 und 1 gemessen. Diese Folge von 0 und 1 wird ein Schritt genannt.
Der große Vorteil dieser Anordnung wird dann deutlich, wenn der Computer den Motor 12 Schritte vorwärts und 12 Schritt rückwärts steuert: Es wird kein Schritt überschlagen oder hinzugenommen, die Ausgangsposition wird exakt erreicht.
Für die Steuerung des Modells „Riesenrad" wird die Eigenschaft der genauen Positionierung benötigt, um die Gondeln im Modell zum Einsteigen oder Aussteigen der Fahrgäste immer genau auf den untersten Punkt der Bahn, den Einstieg zu steuern.

Bei der Programmsteuerung des Riesenrads wird die ZÄHLE-Anweisung eingeführt. Das Programm nach Abbildung 4.25 vergleicht die in den vorangegangenen Modellbeispielen verwendete Zeitsteuerung mit der Schrittsteuerung. Der Schüler soll anhand des Programms die Wirkungsweise der Sensorabfragen zur Schrittsteuerung kennenlernen.
Der Sichtlauf eignet sich wieder zum Programmtest. Es kommt jedoch vor, daß der Sensor in diesem Modus zu spät abgefragt wird und die Zählscheibe schon mehrere Schritte zurückgelegt hat. Im Ablauf-Modus werden die Schritte kurzfristig erkannt, der Motor stoppt exakt nach der vorgegebenen Anzahl von Schritten.
Das Thema Riesenrad führt im Unterricht vielfach zu einem, der Abbildung 4.26 ähnlichen Algorithmus. Mit einer präzisen Vorgangsbeschreibung und Kenntnissen über die ZÄHLE-Anweisung kann das Problem in

LEGO Lines formuliert werden. Zu beachten ist die unterschiedliche Anordnung der Programmteile „Einsteigen" und „Aussteigen". Im Programmteil „Fahren" kann weiter in „linksherum" und „rechtsherum" differenziert werden.
Die Idee von Programmteilen, die mit definierten Eigenschaften im Programm auch mehrfach verwendet werden können, wird im Projektthema in Abb. 4.28 und Abb. 4.29 weitergeführt. Zur Programmerweiterung werden die bekannten Programmteile wie „Einsteigen", „Fahren" und „Aussteigen" nicht mehr ausgeführt. In Abb. 4.26 wurden die Eigenschaften bereits festgelegt. Die Teilprogramme lassen sich leicht zu komplexeren Ablaufsteuerungen kombinieren.
Für die Erarbeitung von Steuerungsalgorithmen bietet dieses Verfahren ebenfalls geeignete Strukturierungsmöglichkeiten:
Stufe 1: verbale Vorgangsbeschreibung des Fahrbetriebs mit dem Riesenrad
Stufe 2: Präzisierung und Strukturierung:
„Einsteigen"
„Fahren"
„Aussteigen"
Stufe 3: Verfeinerung am Beispiel „Fahren" entsprechend Abb. 4.29

Je nach Unterrichtszielen kann die Verfeinerung entsprechend Abb. 4.25 für die ZÄHLE-Anweisung weitergeführt werden.
Im folgenden Modellbeispiel „Der Schwenkarmroboter" wird das Konzept der Teilprogramme weitergeführt und erweitert.

Vom Einfachen zum Schwierigen:

Wie unterscheiden sich die Eigenschaften einer Zeitplansteuerung und einer Schrittsteuerung?

Die Zeit für eine Umdrehung des Riesenrads wird gemessen und in das Programm übernommen. Die entsprechende Zahl der Schritte wird berechnet, getestet und in das Programm übernommen. Die Genauigkeit der Positionierung wird gemessen.

Programmstruktur:

"Etwa eine Umdrehung"
Motor ein für 5 s

„Etwa 1 Umdrehung"

"Genau eine Umdrehung"
Motor ein
FÜR N:=1 TO 12
WIEDERHOLE BIS SENSOR 6 PASSIV
WIEDERHOLE BIS SENSOR 6 AKTIV
ENDE-FÜR
Motor aus

„Genau eine Umdrehung"

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	5

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
ZÄHLE		1							12

Name: RIRAD 425

Abbildung 4.25

Beim Riesenrad soll mit Hilfe einer Schrittsteuerung ein Fahrbetrieb aufgebaut werden.

Die Schrittsteuerung wird auf das Einsteigen, das Fahren und das Aussteigen der Fahrgäste angewandt. Die Schrittsteuerung wird an diesen Beispielen gefestigt. Für fünf Umdrehungen des Riesenrades wird der Programmteil „Genau eine Umdrehung" fünfmal aufgerufen.

Programmstruktur:

PROGRAMM Riesenrad 1
"Einsteigen"
FÜR N:=1 BIS 3
Motor ein
Schrittzahl 3
Motor ein für 0,1 s
Motor aus für 10 s
ENDE-FÜR
"Fahren"
FÜR N:=1 BIS 5
Motor ein
Schrittzahl 12
ENDE-FÜR
"Aussteigen"
FÜR N:=1 BIS 3
Motor aus für 10 s
Motor ein
Schrittzahl 3
Motor ein für 0,1 s
ENDE-FÜR

Abbildung 4.26

Programm in LEGO Lines:

		IN		OUT						ABLF
		7	6	5	4	3	2	1	0	
„Einsteigen"	WIEDERHOLE									3
	Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
	ZÄHLE		1							3
	Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,1
	Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1Ø
	ENDE WIEDER									
„Fahren"	WIEDERHOLE									5
	Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
	ZÄHLE		1							12
	ENDE WIEDER									
„Aussteigen"	WIEDERHOLE									3
	Motor aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1Ø
	Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
	ZÄHLE		1							3
	Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,1
	ENDE WIEDER									

Name: RIRAD 426

In der Darstellung der Programmstruktur wurde das Teilprogramm „Schrittzahl N" mit N=3 und N=12 verwendet. Es ist als Kurzfassung der Anweisungen aus Abbildung 4.27 definiert und wird in LEGO Lines als ZÄHLE n bezeichnet.

Programmstruktur:

TEILPROGRAMM Schrittzahl N
FÜR I:=1 BIS N
WIEDERHOLE
BIS SENSOR 6 PASSIV
WIEDERHOLE
BIS SENSOR 6 AKTIV
ENDE FÜR
Motor aus

Abbildung 4.27

Projektthema: Riesenradsteuerung

Eine genaue Betrachtung der vorliegenden Programme ergibt Ungerechtigkeiten in der Behandlung der Fahrgäste: Die Personen, die als letzte einsteigen, müssen als erste wieder aussteigen. Das Programm soll deshalb so verbessert werden, daß alle Fahrgäste die gleiche Zeit fahren.
Die verbesserte Riesenradsteuerung benutzt eine Reihe von Teilprogrammen aus den vorliegenden Programmen. Es wird nur eine Erweiterung benötigt, die nach dem Einsteigen der Fahrgäste das Riesenrad um eine Vierteldrehung bewegt. Dann steigen die Fahrgäste, die als erste einsteigen, auch als erste wieder aus. Das LEGO Lines Programm kann zu diesem Zweck erweitert werden. Zwischen die Teilprogramme „Einsteigen" und „Fahren" werden zwei Zeilen eingefügt.

Programm in LEGO Lines:

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
„Einsteigen"		*wie oben einfügen*							
Motor ein			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
ZÄHLE		1							3
„Fahren"		*wie oben einfügen*							
„Aussteigen"		*wie oben einfügen*							

Name: RIRAD 428

Abbildung 4.28

Die verkürzte Darstellung eines Programms ist immer dann angemessen, wenn in einem längeren Programm mehrere, bereits bekannte Teilprogramme verwendet werden. Die verkürzte Darstellung erleichtert den Überblick.
In der Darstellung der Programmstruktur werden die Teilprogramme, die noch weiter ausgeführt werden müssen, durch ‖ ‖ eingerahmt. Die genauere Beschreibung dessen, was mit Anweisungen wie „Einsteigen" oder „Korrigieren" oder anderen gemeint ist, findet sich weiter nach rechts verschoben unter den jeweiligen Überschriften „Teilprogramm Einsteigen" und weiteren Teilpropramm-namen.

Programmstruktur:

```
PROGRAMM Riesenrad 2
  Einsteigen
  Korrigieren
  Fahren
  Aussteigen
```

```
TEILPROGRAMM Einsteigen
FÜR N:=1 BIS 3
    Motor ein
      Schrittzahl 3
    Motor ein für 0,1 s
    Motor aus für 10 s
ENDE-FÜR
```

```
TEILPROGRAMM Korrigieren
Motor ein
  Schrittzahl 3
```

```
TEILPROGRAMM Fahren
FÜR N:=1 BIS 5
    Motor ein
      Schrittzahl 12
ENDE-FÜR
```

```
TEILPROGRAMM Aussteigen
FÜR N:=1 BIS 3
    Motor aus für 10 s
    Motor ein
      Schrittzahl 3
    Motor ein für 0,1 s
    ENDE-FÜR
ENDE-FÜR
```

Abbildung 4.29

Der Schwenkarmroboter

Technische Beschreibung:

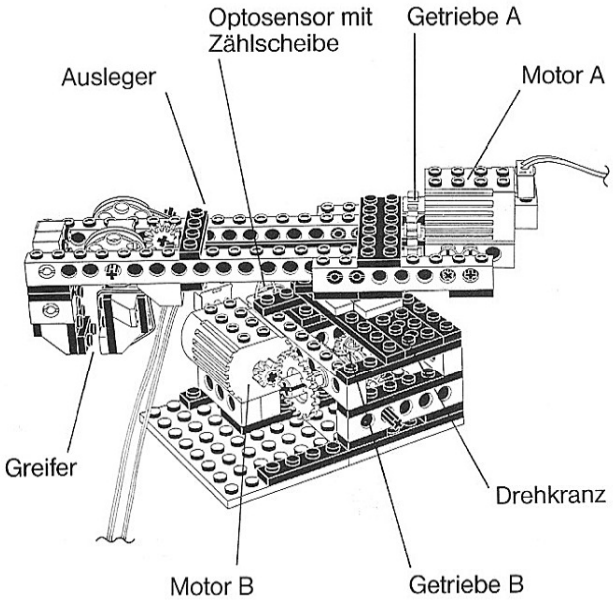


Abbildung 4.30 Technische Beschreibung

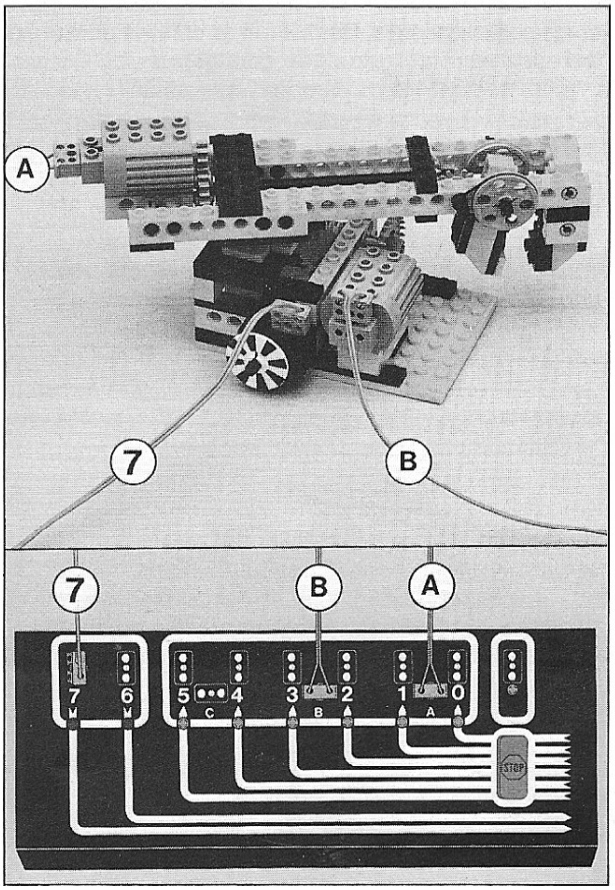


Abbildung 4.31 Anschlußbild

Der Schwenkarmroboter wird von zwei 4,5 V Motoren angetrieben. Motor B bewirkt das Schwenken des Auslegers, während Motor A den Greifer öffnet und schließt. Der Optosensor mit Zählscheibe ermöglicht die Kontrolle über die Schwenkbewegung des Auslegers, dessen Aktionsradius ca. 10 cm beträgt. Die Drehbewegung des Motors B wird von Getriebe B, bestehend aus Schnecken, Stirnzahnrädern, Wellen und Kronrad, auf den Drehkranz übertragen. Für eine Drehung des Auslegers um 90°, werden ca. 300 Motorumdrehungen benötigt. In Getriebe A dient ein Gummiriemen auf einer Welle als Rutschkupplung und gewährleistet auch bei längerem Lauf von Motor A eine einwandfreie Funktion des Greifers.
Das Modell wird entsprechend folgender Skizze an das Interface angeschlossen:

Technische Leitfragen:

Ein Schwenkarmroboter in der industriellen Fertigung erfordert eine präzise und automatische Positionierung mit einer hohen Wiederholungsgenauigkeit. Meistens wird ein solcher Roboter für verschiedene Fertigungsaufgaben eingesetzt. Dafür muß er schnell und unkompliziert umprogrammiert werden können. Diesen hohen technischen Anforderungen genügt nur eine Computersteuerung.

Für welche Zwecke werden Roboter eingesetzt? Die Antworten auf diese Frage können u. U. durch die Frage nach den Einsatzorten von Robotern unterstützt werden.	Schweißroboter, Farbspritzroboter, Präzisierung und Rationalisierung von Arbeitsabläufen
Welche Baugruppen haben ein realer Roboterarm und das LEGO Modell gemeinsam?	Evtl. Medieneinsatz, Realbewegung, Erkundungsauftrag: Drehkranz, Ausleger, Greifer Die Schüler nennen die Teile und beschriften evtl. eine Skizze (evtl. Kopiervorlage 5.19, Kapitel 5)
Schildere einen Transportvorgang in seinem Ablauf!	Hinführung zum Steuerungsprogramm, Verbalisierung einzelner Phasen Hilfe: evtl. Steuerkonsole Hierbei entsteht das wichtige Problem der Greiferpositionierung.
Wie kann der Greifer wiederholt präzise positioniert werden?	Die technische Konstruktion zur Steuerung hat als wesentliches Element eine Zählscheibe, die ein Bestandteil des Getriebes ist. Sie liefert Impulse an den davor plazierten Optosensor. Im Programm werden diese Impulse gezählt und zur Steuerung der Drehung des Greiferarmes weiterverarbeitet. Bei der vorgegebenen Übersetzung entsprechen 48 Hell-Dunkel-Übergänge der Zählscheibe einer 360°-Drehung des Roboterarms. Wird die Zählscheibe umgedreht und die feinere Unterteilung benutzt, verdoppelt sich die Zahl der Schritte.
Die Schüler entwickeln ein Steuerungsprogramm für einen Transportvorgang.	Hilfen: Kopiervorlagen (siehe Kapitel 5) Programmbeispiele (siehe folgende Seiten)
Die Schüler verändern das Steuerungsprogramm beispielsweise für einen geänderten Drehwinkel.	

Algorithmisches Leitthema: Bereitstellung von Steuerungsprozeduren

Beim Schwenkarmroboter wird wie beim Riesenrad die Drehbewegung in Schritte zerlegt gesteuert. Dadurch gelingt es, Positionen wiederholt genau anzusteuern. Im Fall der Robotersteuerung wird die Schrittsteuerung auf zwei Richtungen erweitert.
Entsprechend der vorgegebenen Übersetzung ergeben 4 mal 24 Schritte eine Umdrehung des Roboters. Der Greifer wird über eine Zeitplansteuerung geöffnet und geschlossen. Da es sich hier nur um die beiden möglichen Zustände „auf" und „zu" handelt, reicht in diesem Fall eine Zeitplansteuerung aus.
Die Steuerung des Roboters kann losgelöst von der Hardware des Modells erfolgen, wenn Teilprogramme für die elementaren Steuerschritte zur Verfügung stehen. Es werden dafür die folgenden Steuerschritte bereitgestellt:

- Greifer öffnen
- Greifer schließen
- Greifer öffnen
- Der Roboterarm soll sich 1 Schritt im Uhrzeigersinn bewegen
- Der Roboterarm soll sich 1 Schritt im Gegenuhrzeigersinn bewegen
- Der Roboterarm soll sich 1 Schritt im Uhrzeigersinn bewegen und dabei den Greifer geschlossen halten
- Der Roboterarm soll sich 1 Schritt im Gegenuhrzeigersinn bewegen und dabei den Greifer geschlossen halten

Die Programmierung erfolgt durch eine Folge dieser Steuerschritte. Für das Modell des Schwenkarmroboters ergeben sich nur wenige dieser elementaren Steuerschritte, so daß beim Aufbau von Steuerungsprogrammen das Konzept der schrittweisen Verfeinerung mittels Teilprogrammen besonders deutlich herausgearbeitet werden kann.
Die Aufgabe, einen Baustein umzusetzen, kann wieder in Stufen erfolgen:
Stufe 1: verbale Vorgangsbeschreibung der Roboterbewegung
Stufe 2: Präzisierung und Strukturierung des Umsetzvorgangs
„Greifer zu"
„Um 90 Grad im Uhrzeigersinn drehen"
„Greifer auf"
Stufe 3: Verfeinerung am Beispiel „Um 90 Grad im Uhrzeigersinn drehen", siehe Abb. 4.33

Je nach Unterrichtszielen können die Teilprogramme wie „1 Schritt im Uhrzeigersinn" teilweise oder komplett vorgegeben werden. Es lassen sich einzelne Teilprogramme von den Schülern erarbeiten oder auch bezüglich der ZÄHLE-Anweisung weiter verfeinern.

Vom Einfachen zum Schwierigen:

Die Schüler sollen die grundlegenden Teilprogramme erarbeiten und als Programm testen.	Die Schüler werden erarbeiten am Modell dessen Steuerung. Der Test der Anweisungen festigt das Verständnis für die Schrittsteuerung.

Auf die Darstellung von Programmstrukturen kann an dieser Stelle verzichtet werden, da die grundlegenden Teilprogramme aus algorithmischer Sicht elementar sind.

Die Anweisung ZÄHLE wird vom Computer im Ablaufmodus ABLF schnell und präzise bearbeitet. Im Sichtlauf SILF kann die Programmstruktur getestet werden. Für eine präzise Positionierung ist die schnelle Abfrage der Sensoren erforderlich. Im Zusammenhang mit der ZÄHLE Anweisung wird deshalb nach dem Programmtest grundsätzlich der Ablaufmodus verwendet.

Teilprogramme in LEGO Lines:

„Greifer zu“

„Greifer auf“

„1 Schritt im Uhrzeigersinn“

„1 Schritt im Gegenuhrzeigersinn“

„1 Schritt im Uhrzeigersinn, Greifer zu“

„1 Schritt im Gegenuhrzeigersinn, Greifer zu“

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor A re			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,2
Motor A li			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,2
Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	
ZÄHLE	1								1
Motor B li			Ø	Ø	1	Ø	Ø	Ø	
ZAEHLE	1								1
MB re MA re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	1	
ZÄHLE	1								1
MB li MA re			Ø	Ø	1	Ø	Ø	1	
ZÄHLE	1								1

Name: ROBOT 432

Abbildung 4.32

Wie läßt sich mit dem Roboter ein Gegenstand z. B. ein LEGO Baustein umsetzen?

Die Schüler verwenden die grundlegenden Teilprogramme. Die Verwendung der Teilprogrammnamen vereinfacht und verdeutlicht die Darstellung der Programme.

Programmstruktur:

PROGRAMM Aufnehmen, 90 Grad im Uhrzeigersinn drehen, absetzen
Greifer zu
FÜR I = 1 BIS 24
1 Schritt im Uhrzeigersinn
ENDE-FÜR
Greifer auf

Abbildung 4.33

Programm in LEGO Lines:
(verkürzte Darstellung)
„Aufnehmen, 90 Grad im Uhrzeigersinn drehen, absetzen“

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
„Greifer zu“		*wie oben eintragen*							
WIEDERHOLE									24
„1Schritt im Uhrzeigersinn			*wie oben eintragen*						
ENDE WIEDER									
„Greifer auf		*wie oben eingetragen*							

Die verkürzte Darstellung des LEGO Lines Programms wird der Darstellung der Programmstruktur so ähnlich, daß beide Darstellungen zunehmend gleichwertig werden. Die Umsetzung in ein lauffähiges Programm erfolgt durch das Einsetzen der Teilprogramme.

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor A re			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,2
WIEDERHOLE									24
Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	
ZÄHLE	1								1
ENDE WIEDER									
Motor A li			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,2

Name: ROBOT 433

Programm in LEGO Lines:
„Aufnehmen, 90 Grad im Uhrzeigersinn drehen, absetzen"

Wie das Programm aus Abbildung 4.34 beispielhaft zeigt, liefert das auf der Grundlage von Teilprogrammen entwickelte Steuerprogramm nicht immer die kürzeste Formulierung.

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor A re			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,2
Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	
ZÄHLE	1								24
Motor A li			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,2

Name: ROBOT 434

Abbildung 4.34

Projektthema: Dreiertausch

In der programmgesteuerten Fertigung (CAM für Computer Aided Manufacturing) gehört das Umsetzen von Werkstücken für die weitere Bearbeitung zu einem der grundlegendsten Vorgänge. Eine im Modell nachgestellte Fertigung kann mit mehreren LEGO Robotern durchgeführt werden. Für eine Positionierung in drei Bewegungsrichtungen sind komplexere Modelle erforderlich (Systemset LEGO Technic Control II, (1092)).
Doch schon mit einem Modell kann das Umsetzen eines Gegenstandes nachvollzogen werden. Der Transportvorgang wird in grundlegende Steuerschritte zergliedert.
Anschließend wird das Steuerungsprogramm aus entsprechenden Teilprogrammen zusammengesetzt.
Als beispielhafte Problemstellung ist das Thema „Dreiertausch" ausgearbeitet. In der Ausgangsstellung stehen zwei Bausteine B1 und B2 auf den Feldern F1 und F2. Ein weiteres, drittes Feld F3 ist vorhanden.
Das Problem wird mit LEGO Steinen nachgestellt. Die Felder befinden sich auf einem Kreis um den Schwenkarmroboter im Winkel von 120 Grad zueinander. Der Greifarm des Roboters soll sich in der Startposition P2 befinden. Die Beschreibung des Dreiertausches liefert nach einer groben Beschreibung in einer weiteren Stufe die erste Verfeinerung:

Stufe 2:
Programm Dreiertausch:
Baustein B2 von Feld F2 nach F3 bringen.
Feld F1 ansteuern.
Baustein B1 von Feld F1 nach F2 bringen.
Feld F3 ansteuern.
Baustein B2 von Feld F3 nach F1 bringen.

Die Teilprogramme werden weiter verfeinert. Zwei Beispiele erläutern das Vorgehen:

Stufe 3:
Teilprogramm Baustein B2 von Feld F2 nach F3 bringen
Greifer zu
120 Grad im Uhrzeigersinn drehen, Greifer zu
Greifer auf
Warten

Teilprogramm Feld F1 ansteuern
120 Grad im Uhrzeigersinn drehen, Greifer auf

Die folgende Verfeinerung beschreibt die Teilprogramme mit Hilfe der elementaren Teilprogramme zur Steuerung des Schwenkarmroboters.
Beispiele dazu liefert Abb. 4.35.
In einer folgenden Stufe können Teilprogramme wie Warten konkret als LEGO Lines Anweisungen formuliert werden. Die Zahl der Stufen in der Erarbeitung des Programms und die Tiefe, bis zu der im Unterricht verfeinert wird, kann der Lehrer abhängig von seinen Unterrichtszielen frei wählen.

Programm in LEGO Lines
„Dreiertausch"

	IN		OUT						ABLF
	7	6	5	4	3	2	1	0	
„Umsetzen B → C" Motor A re			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,2
WIEDERHOLE									32
Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	1	
ZÄHLE	1								1
ENDE WIEDER									
Motor A li			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,2
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1
WIEDERHOLE									32
„Bewegen C → A" Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	
ZÄHLE	1								1
ENDE WIEDER									
Motor A re			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,2
„Umsetzen A → B" WIEDERHOLE									32
Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	1	
ZÄHLE	1								1
ENDE WIEDER									
Motor A li			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,2
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1
WIEDERHOLE									32
„Bewegen B → C" Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	
ZÄHLE	1								1
ENDE WIEDER									
Motor A re			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø,2
„Umsetzen C → A" WIEDERHOLE									32
Motor B re			Ø	Ø	Ø	1	Ø	1	
ZÄHLE	1								1
ENDE WIEDER									
Motor A li			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø,2

Name: ROBOT 435

Abbildung 4.35

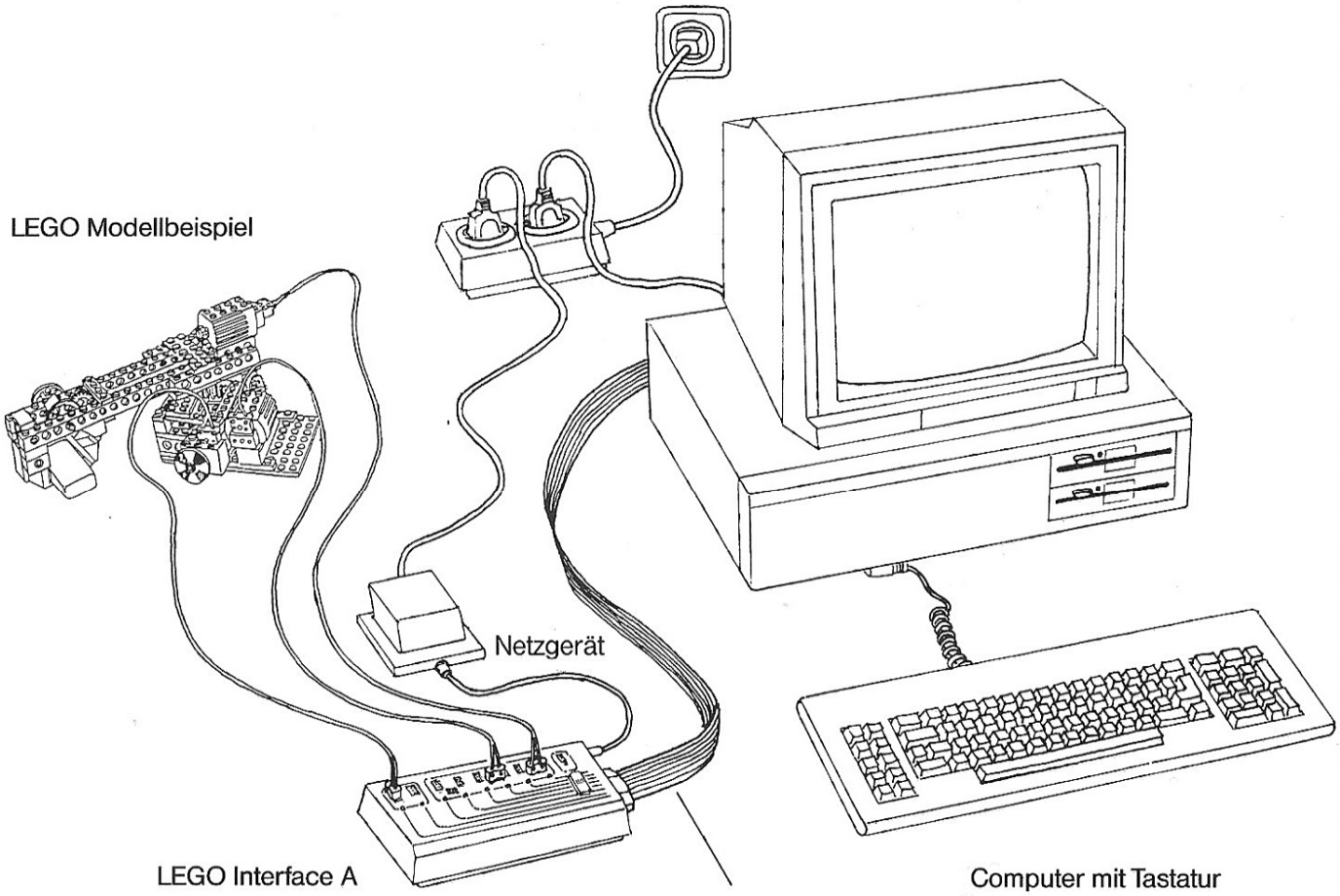
5 Kopiervorlagen

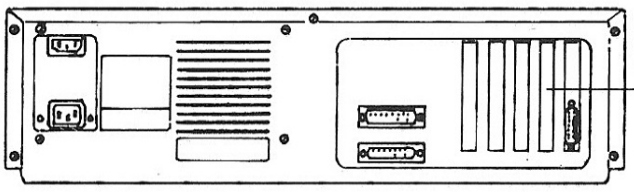
Die Kopiervorlagen eignen sich als Vorlagen für Overhead-Projektor-Folien oder für Schülerarbeitsbögen.

		Vorgeschlagener Verwendungszweck der Kopien:
5.1	Grundaufbau	Folie bei der Einführung
5.2	LEGO Lines Eingaben	Folie bei der Einführung
5.3	LEGO Lines Hauptbild	Folie zum Eintragen von Programmen
5.4	LEGO Lines Bedienung	Vorlagen 5.4 und 5.5: Merkblatt unter einem Klarsicht-Plastikschutz am Schülerarbeitsplatz
5.5	LEGO Lines Anweisungen	
5.6	LEGO Lines Diskettenbild	
5.7	Programmbeispiel Türsteuerung	
5.8	Programmvorlage	Arbeitsbogen für die Schüler
5.9	Steuerkartenvorlage	Arbeitsbogen als Maßvorgabe für den Bau von Steuerkarten
5.10	Sortierkasten	Folie als Unterstützung zum schnellen Einsortieren
5.11, 5.12	Waschmaschine	Vorlagen 5.11–5.20: Folien zur Erklärung von Baugruppen und Anschlußmöglichkeiten
5.13, 5.14	Sortieranlage	
5.15, 5.16	Automatische Tür	
5.17, 5.18	Riesenrad	
5.19, 5.20	Schwenkarmroboter	

5.1 Grundaufbau

LEGO Modellbeispiel

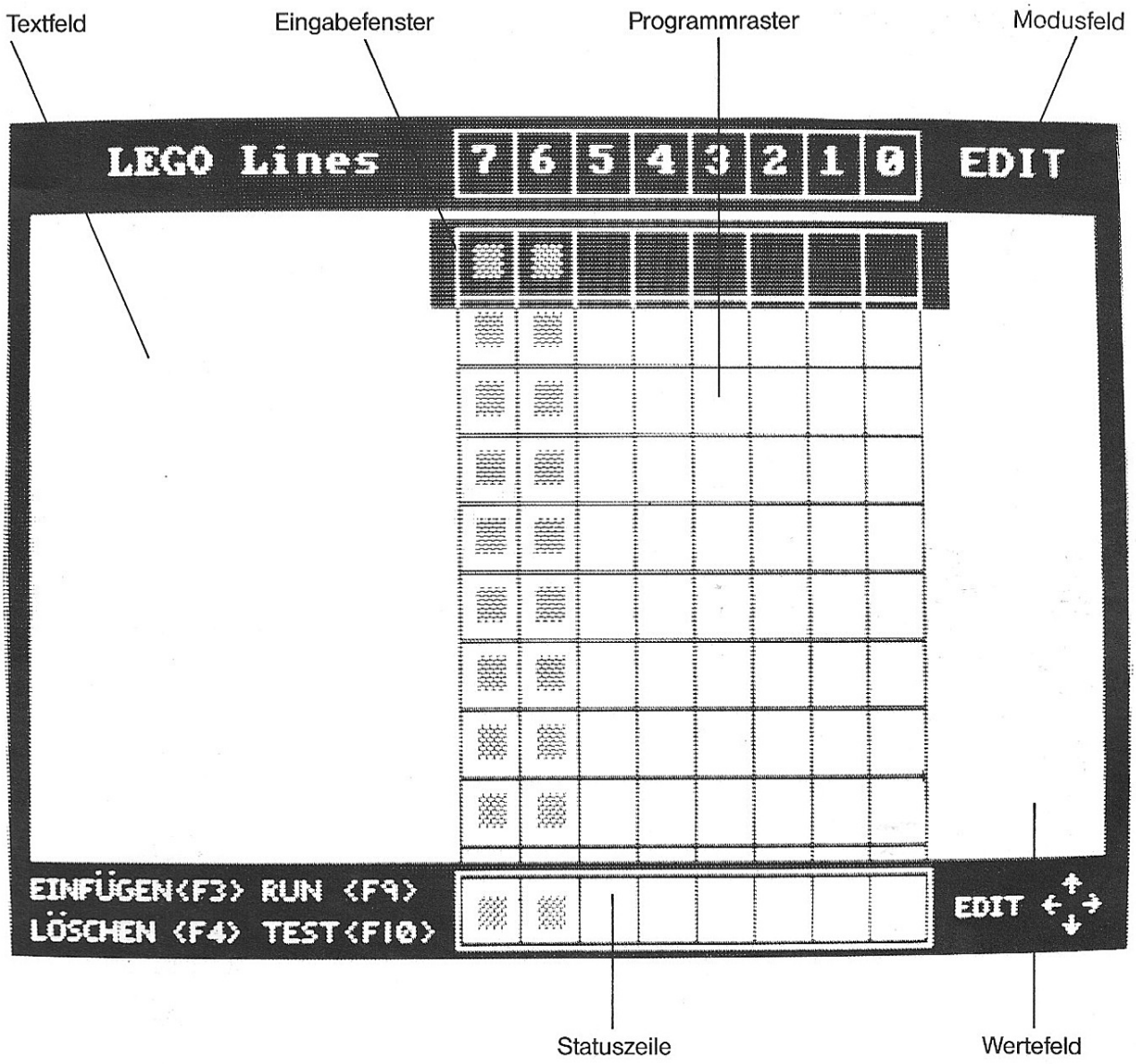




Die Darstellung des Computers ist beispielhaft.

© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

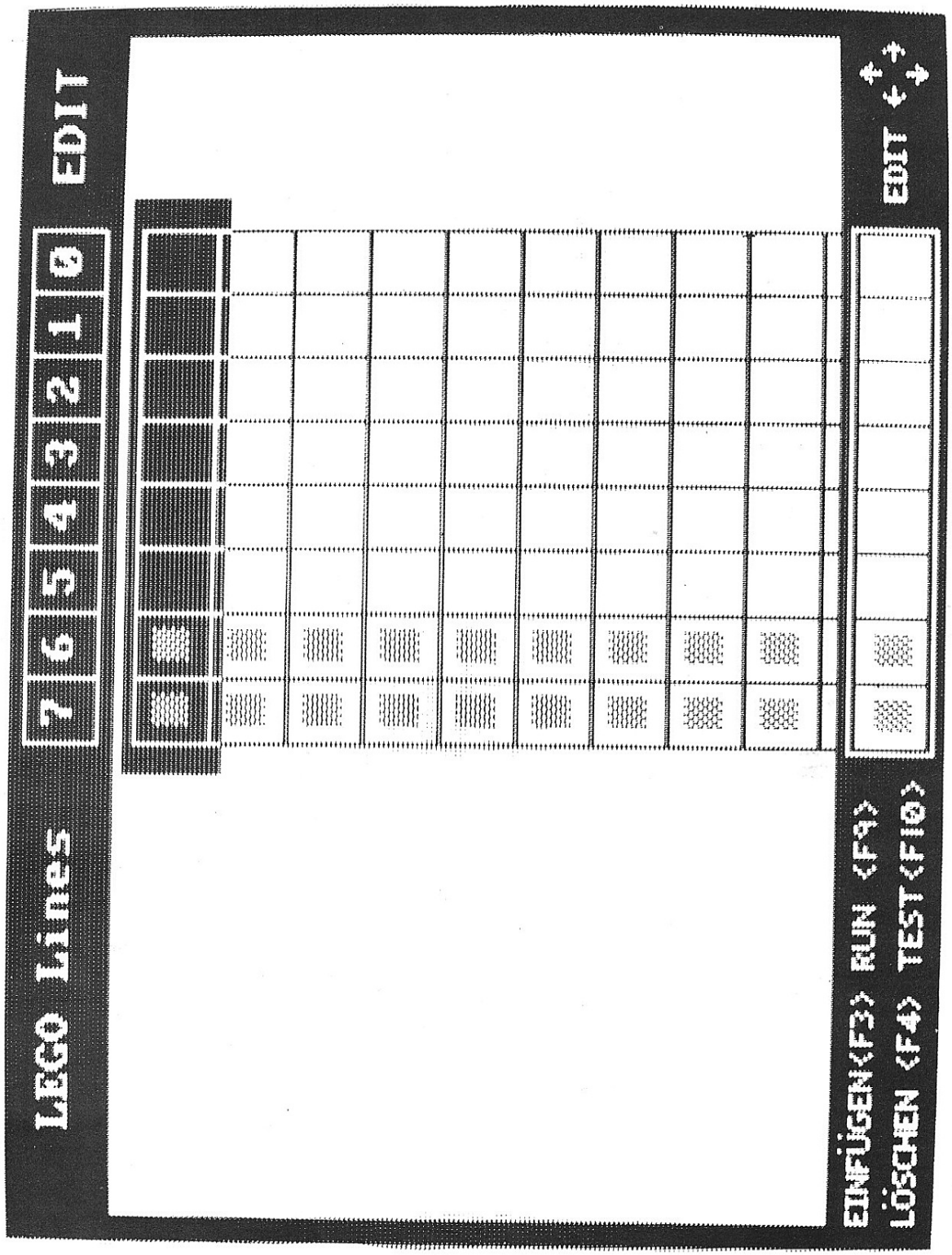
5.2 LEGO Lines Eingaben



Das bewegliche Eingabefenster ist im Programmraster als Balken zu sehen. Im Text- und Wertefeld erscheint es als Balken mit einer Schreibmarkierung.

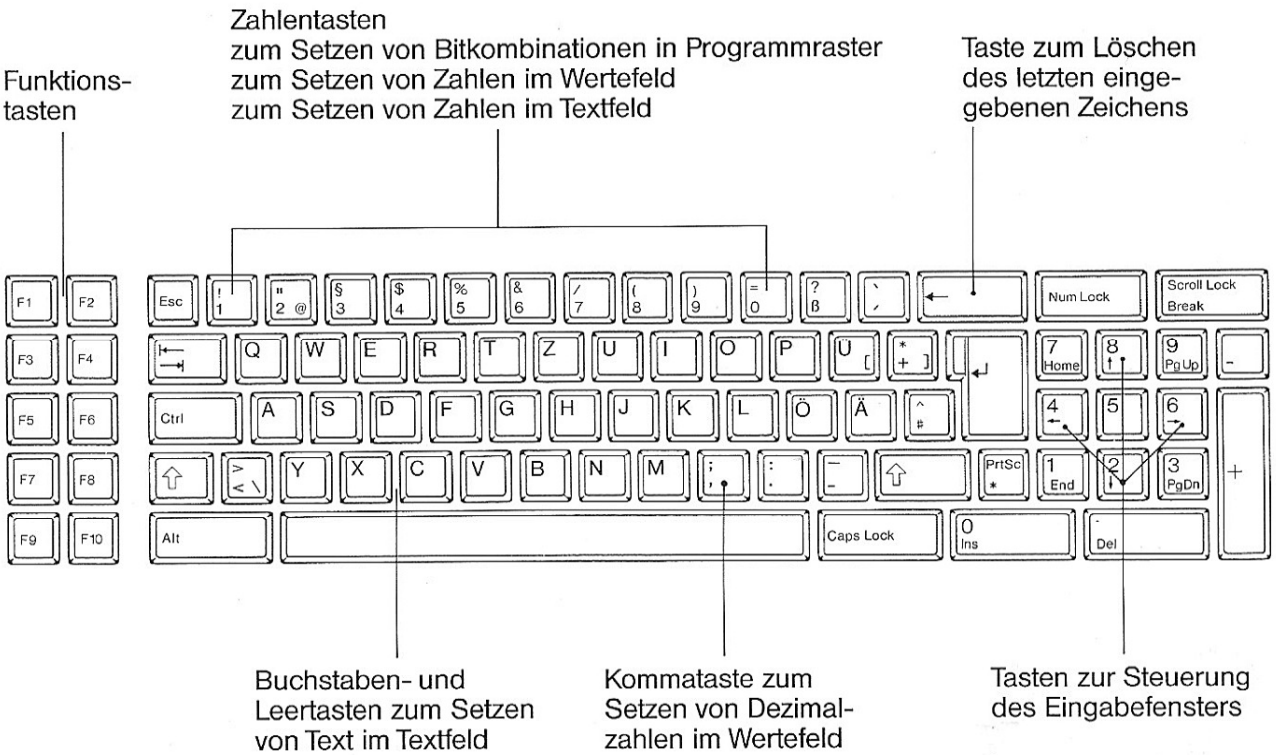
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.3 LEGO Lines Hauptbild



© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.4 LEGO Lines Bedienung



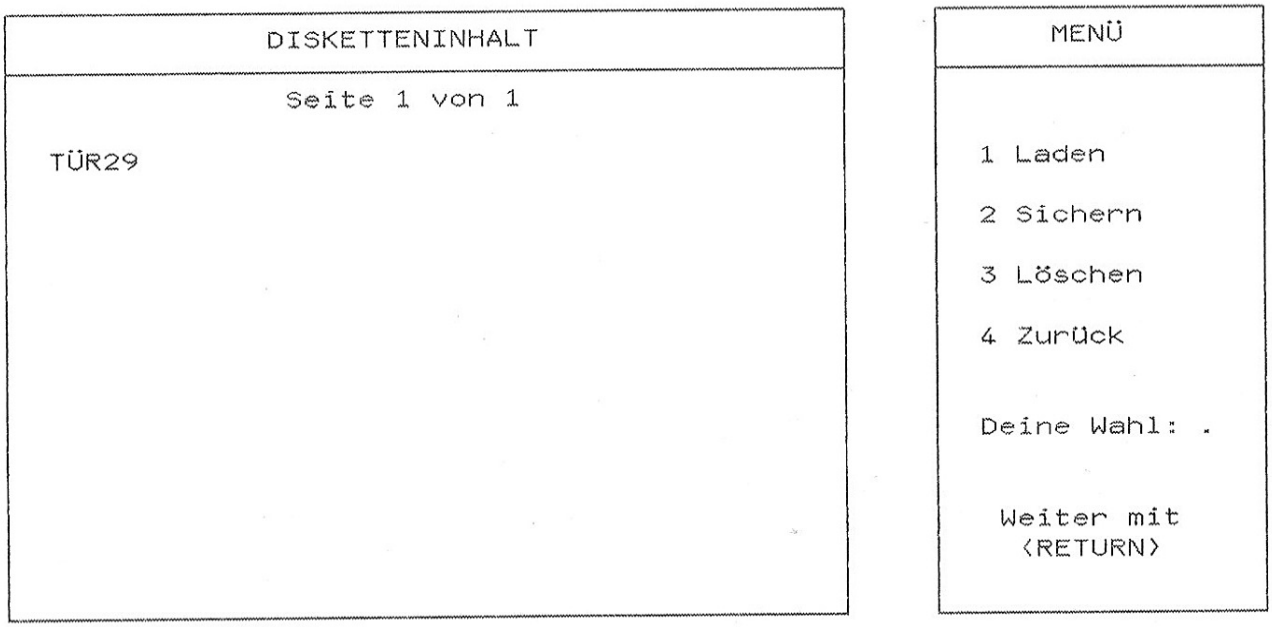
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

	Anfangswort:		Endwort:
	Strukturanweisungen:		
	WIEDERHOLE	→	IMMER
①	WIEDERHOLE n	→	ENDE WIEDER
②	WIEDERHOLE	→	BIS
②	WENN	→	ENDE WENN
	ZÄHLE Anweisung:		
①②	ZÄHLE n		

① Im Wertefeld muß für n eine Zahl stehen!
② Im Programmraster muß ein Eingangsbit gesetzt sein!

© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.6 LEGO Lines Diskettenbild



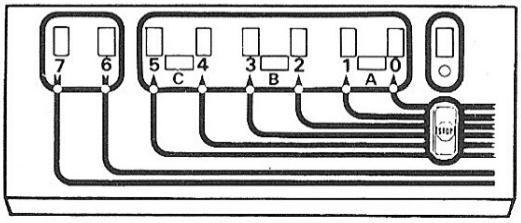
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.7 LEGO Lines Programmbeispiel Türsteuerung

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
BIS	1								
Tür auf			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	4
Warte			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	4
Tür zu			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	4

© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.8 Programmvorlage

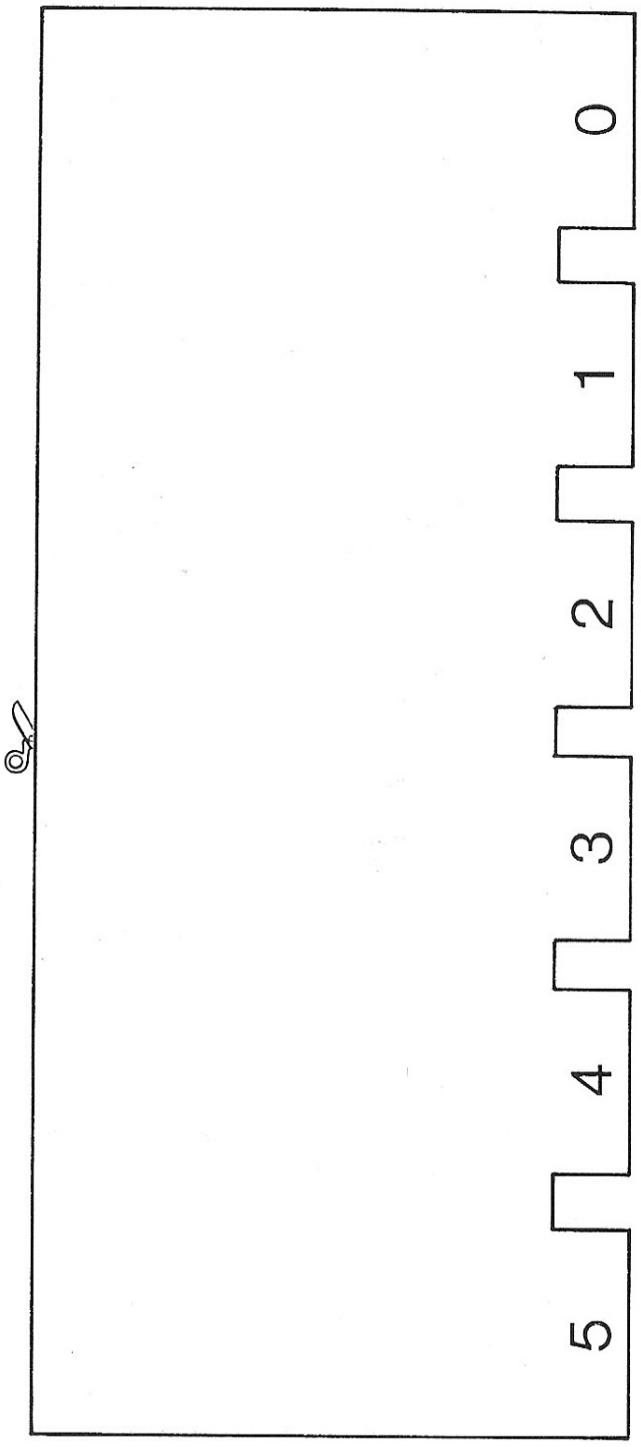


	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	

© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.9 Steuerkarte

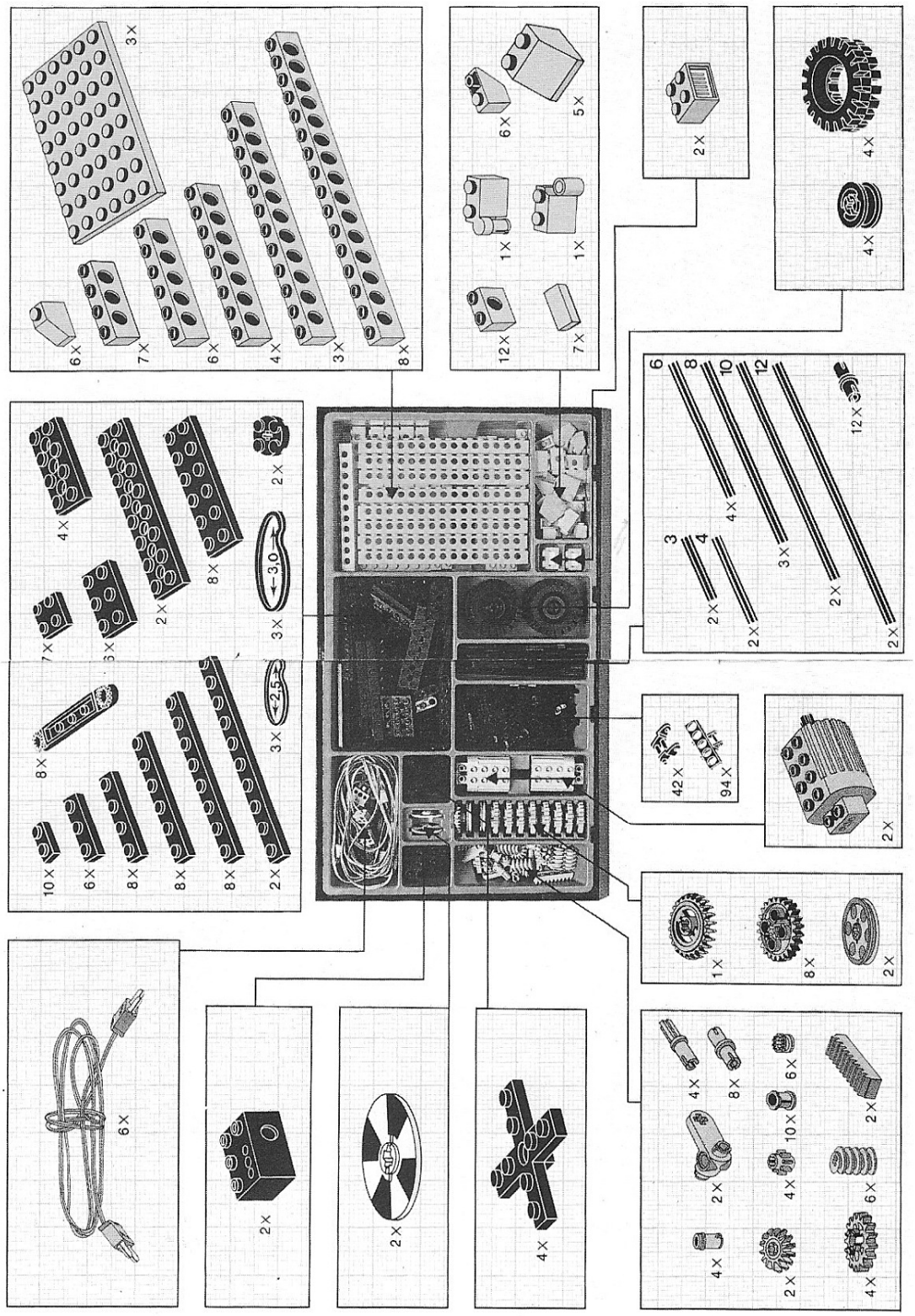
Steuerkartenvorlage für die Steuerkonsole.
Die Tastennummern, die durch die Steuerkarte nicht gedrückt werden sollen, müssen abgeschnitten werden.



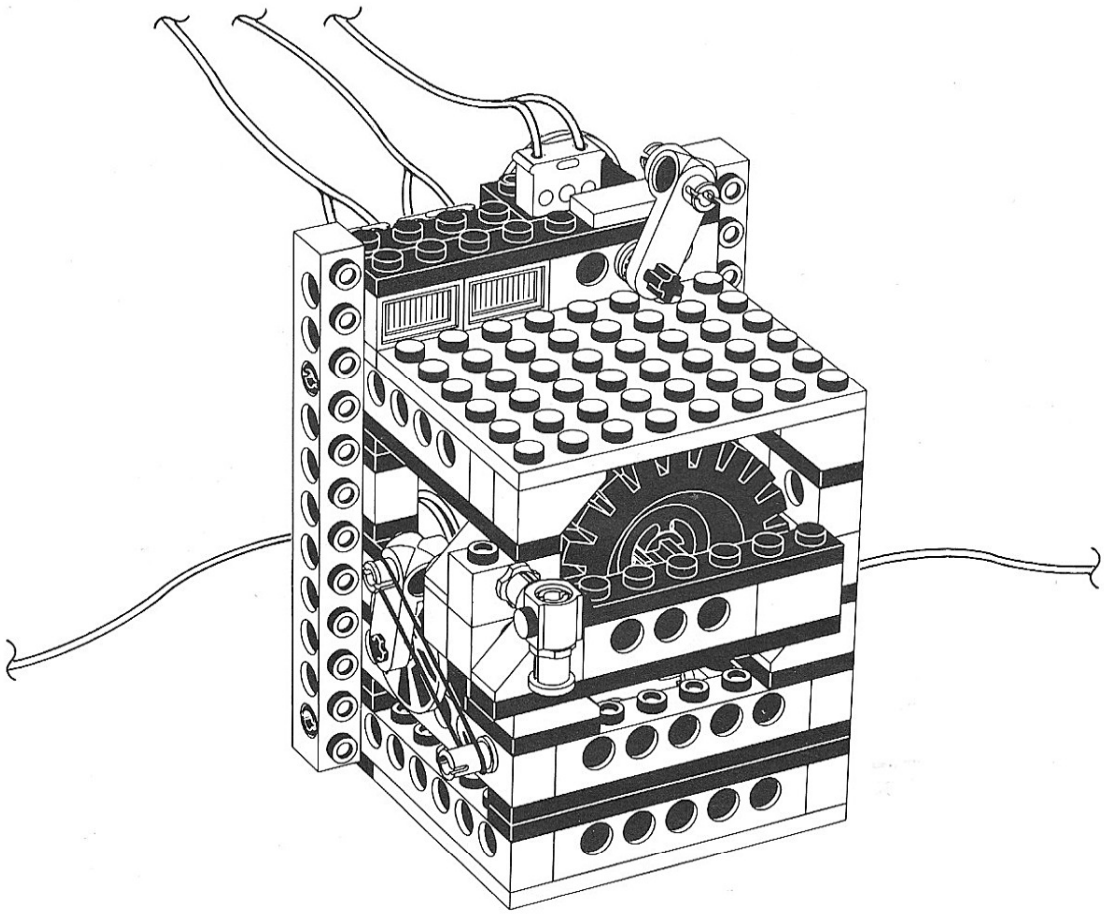
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.10 Sortierkasten

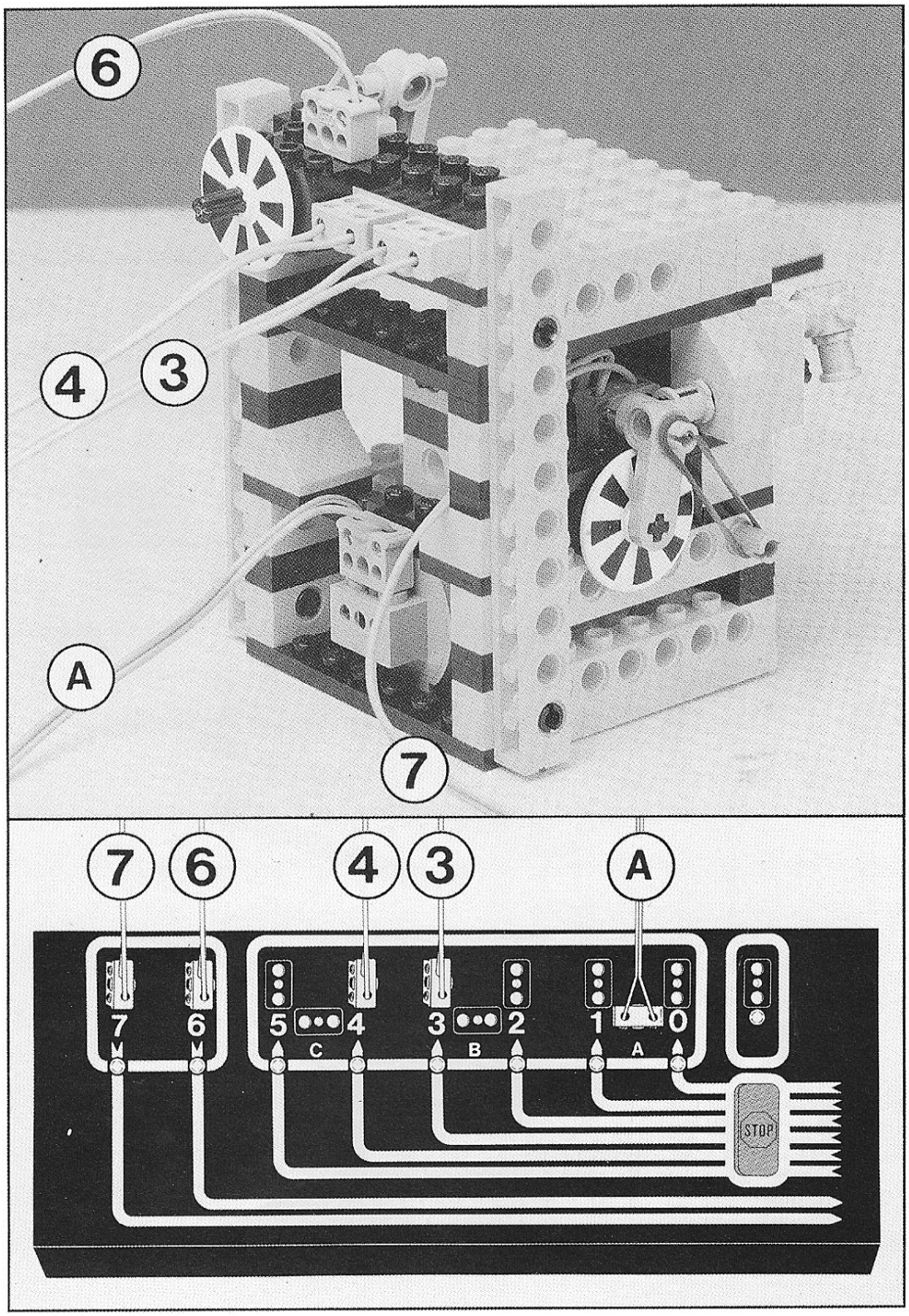


5.11 Technische Beschreibung Waschmaschine



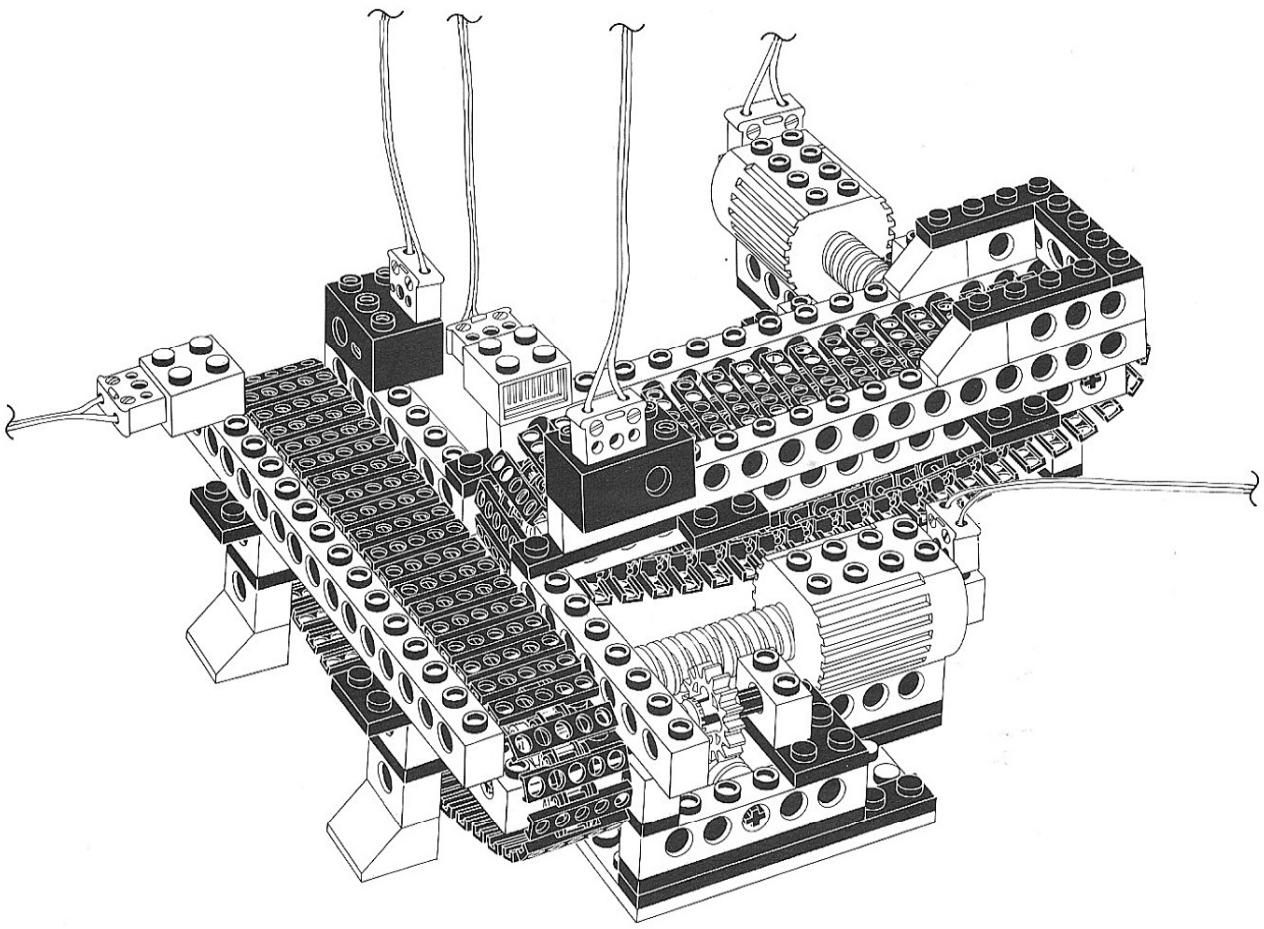
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.12 Anschlußbild Waschmaschine



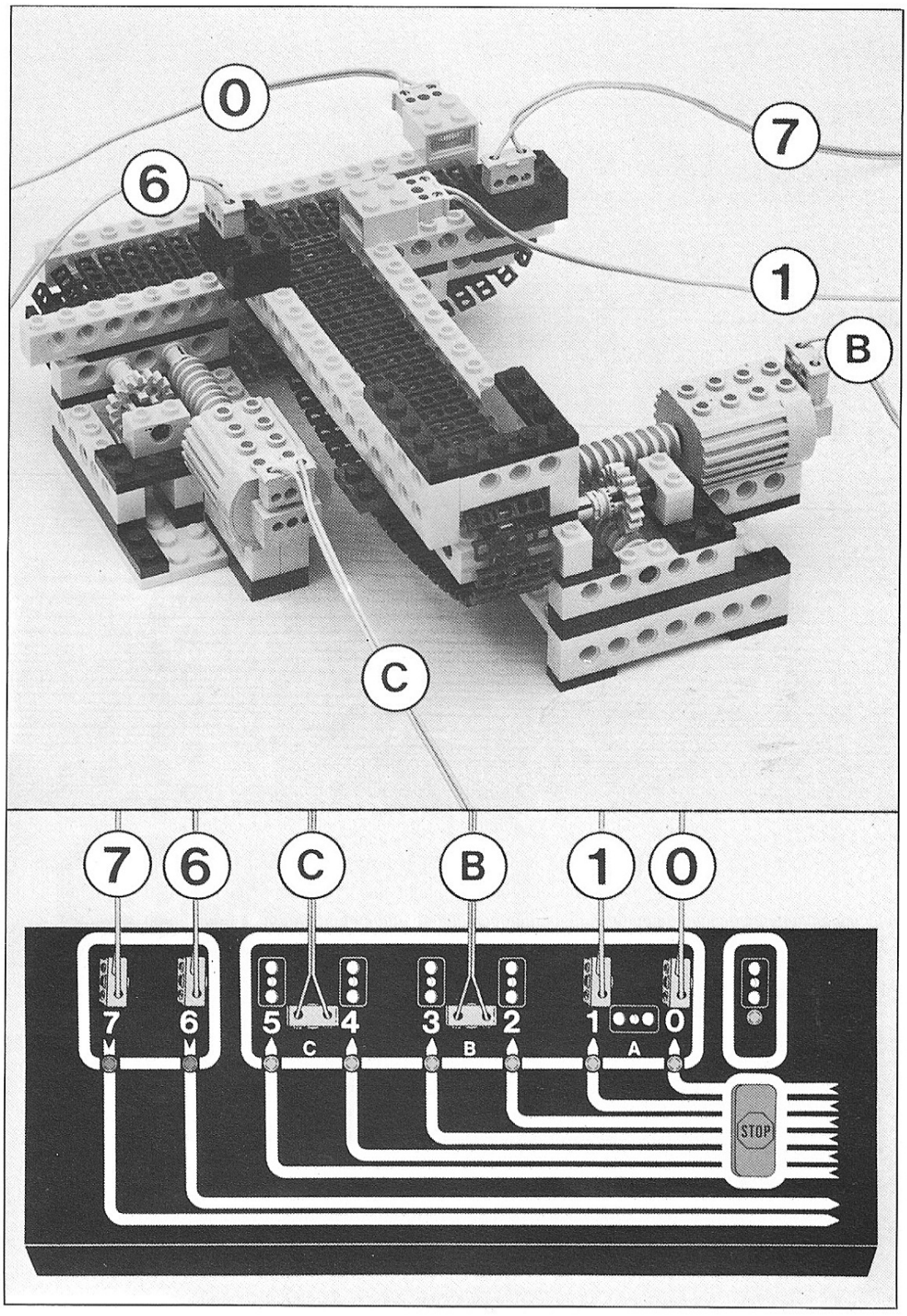
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.13 Technische Beschreibung Sortieranlage



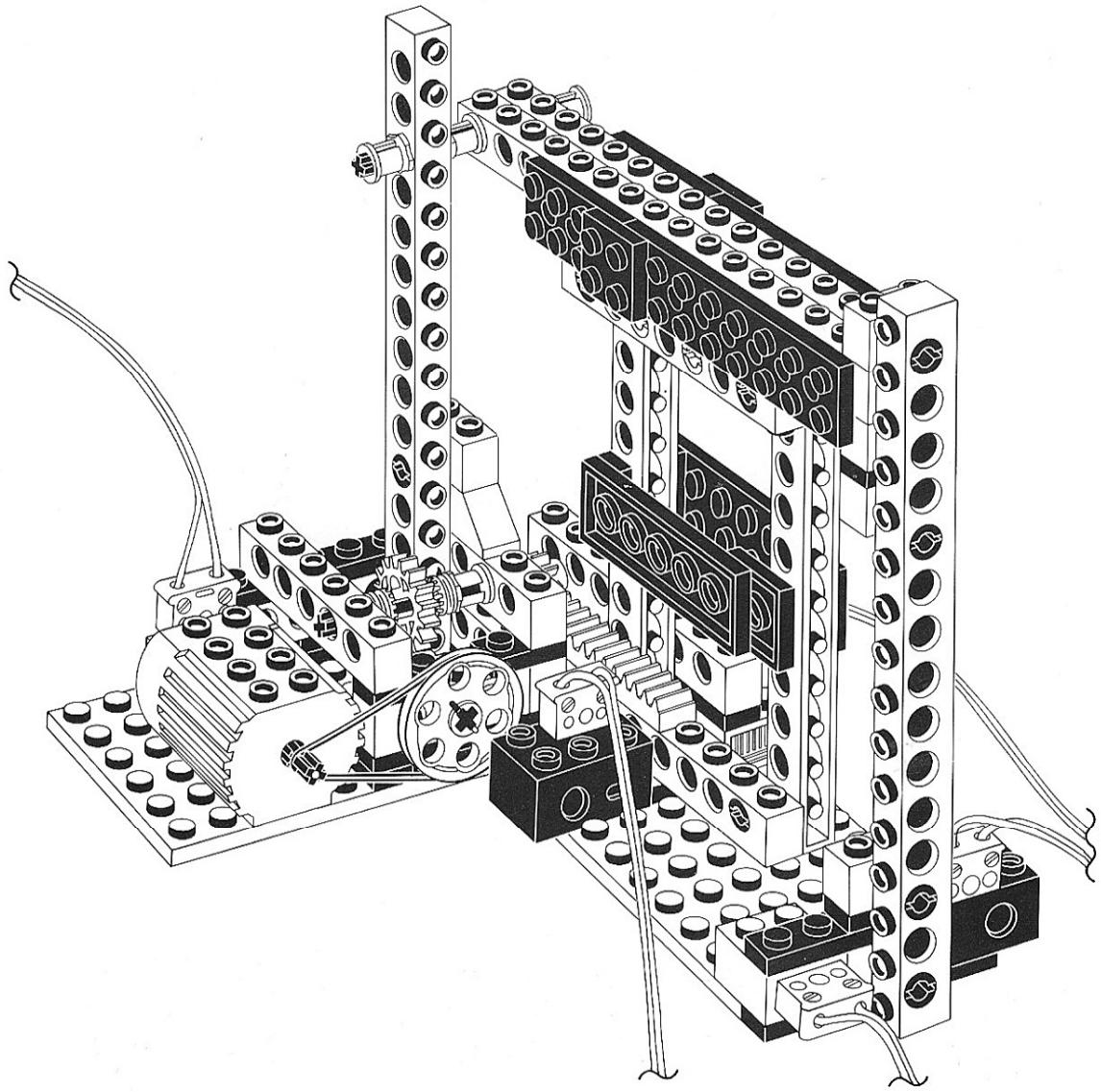
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.14 Anschlußbild Sortieranlage



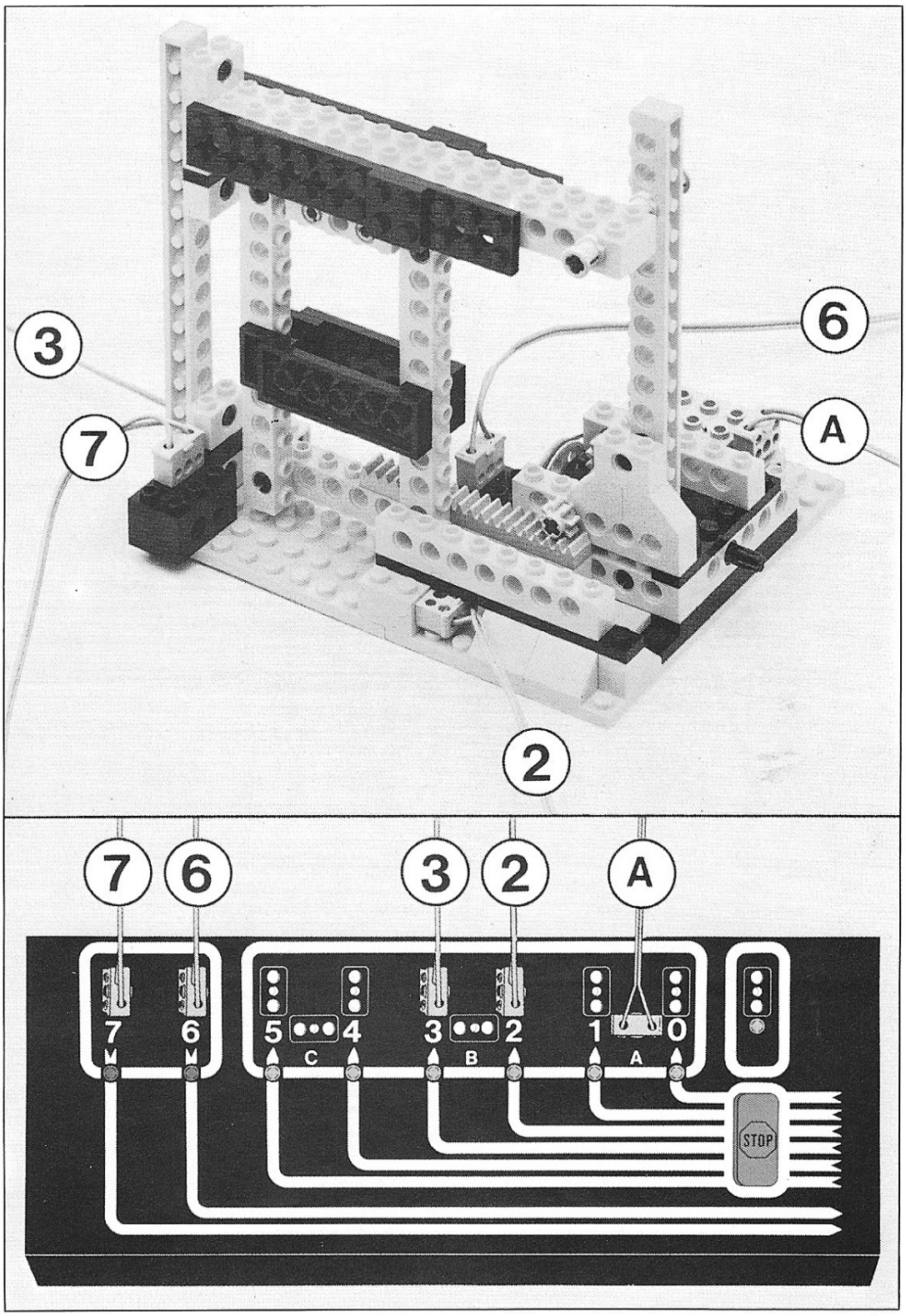
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.15 Technische Beschreibung Automatische Tür



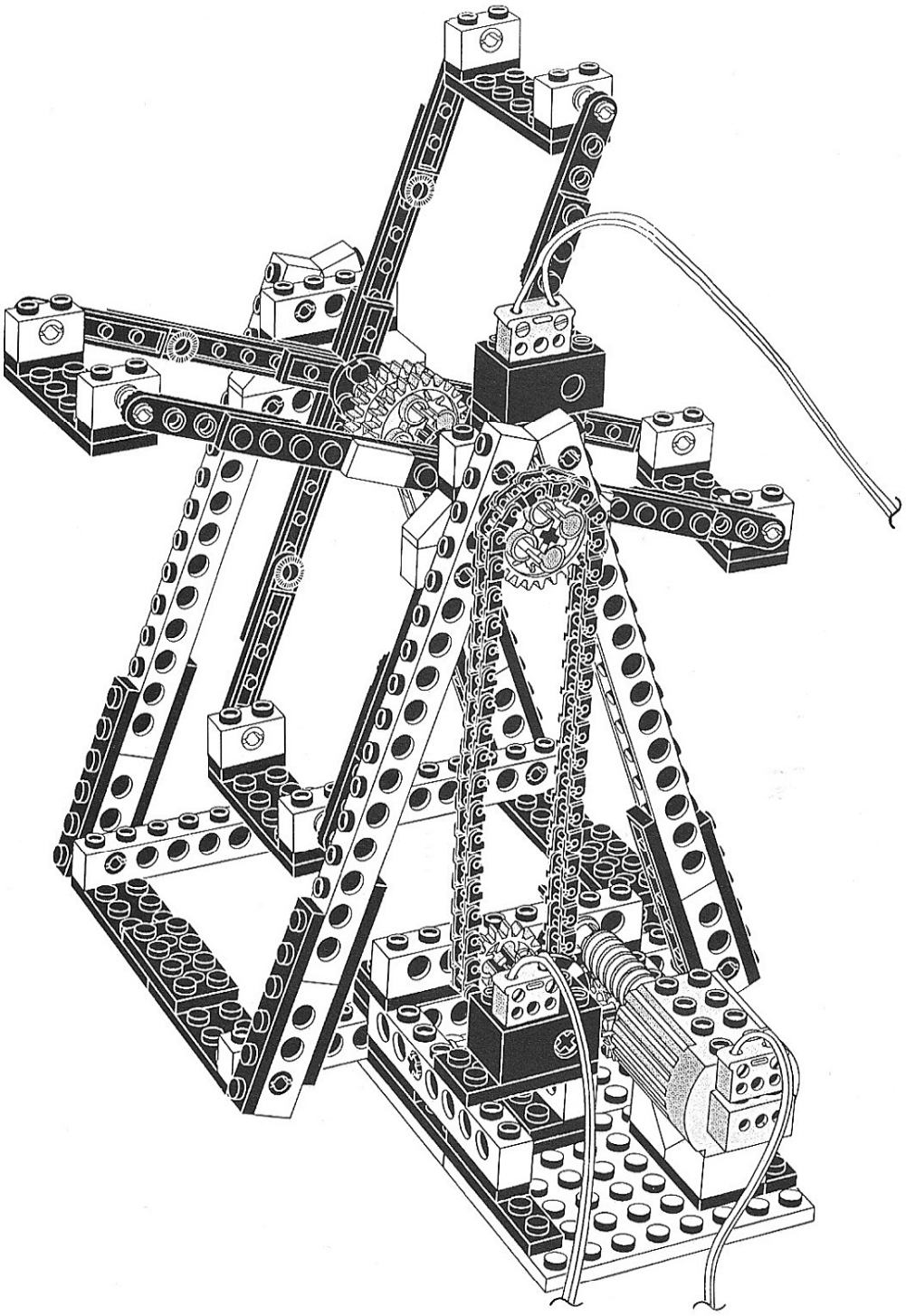
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.16 Anschlußbild Automatische Tür



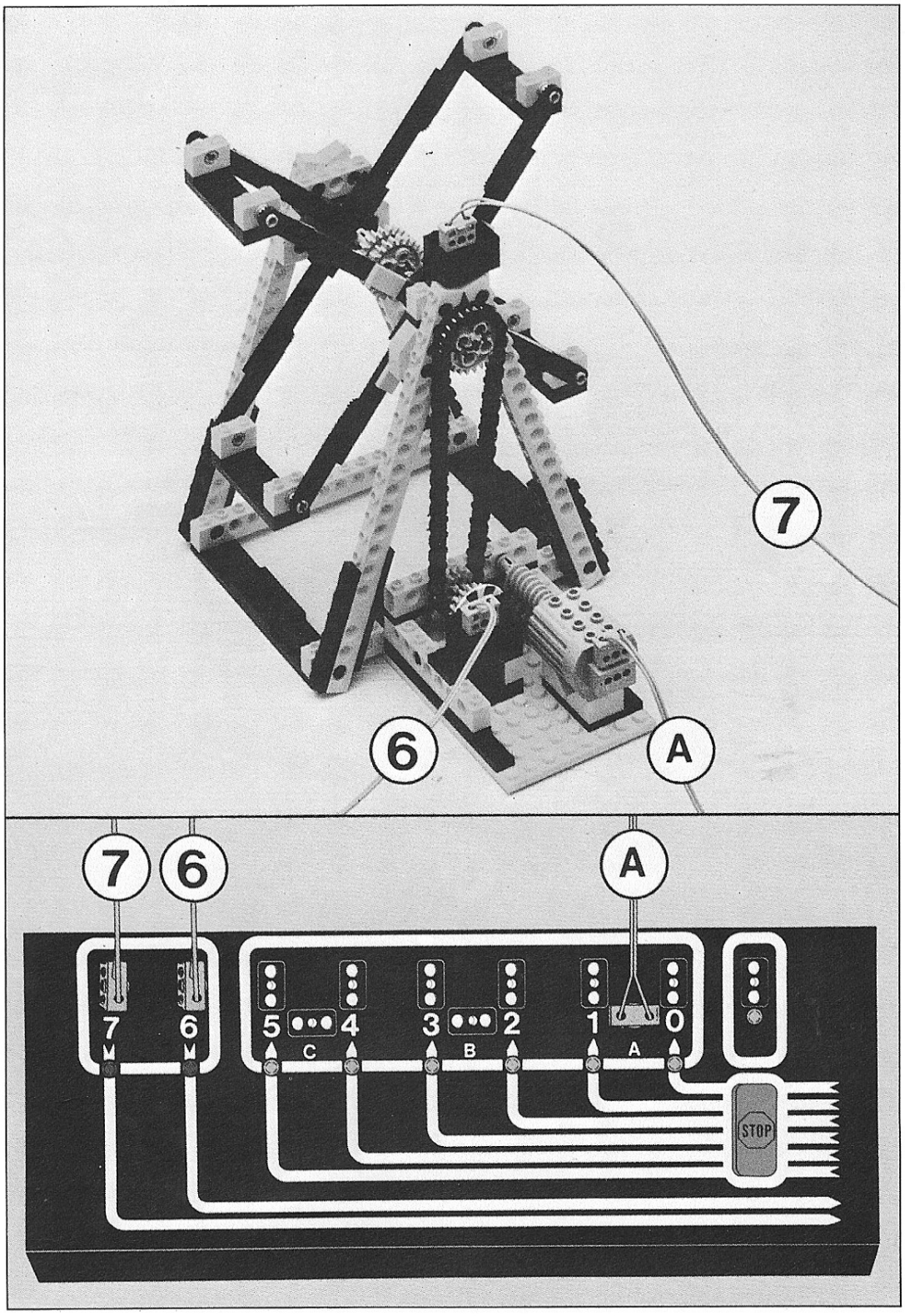
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schutzlizenz zum Kopieren freigegeben.

5.17 Technische Beschreibung Riesenrad



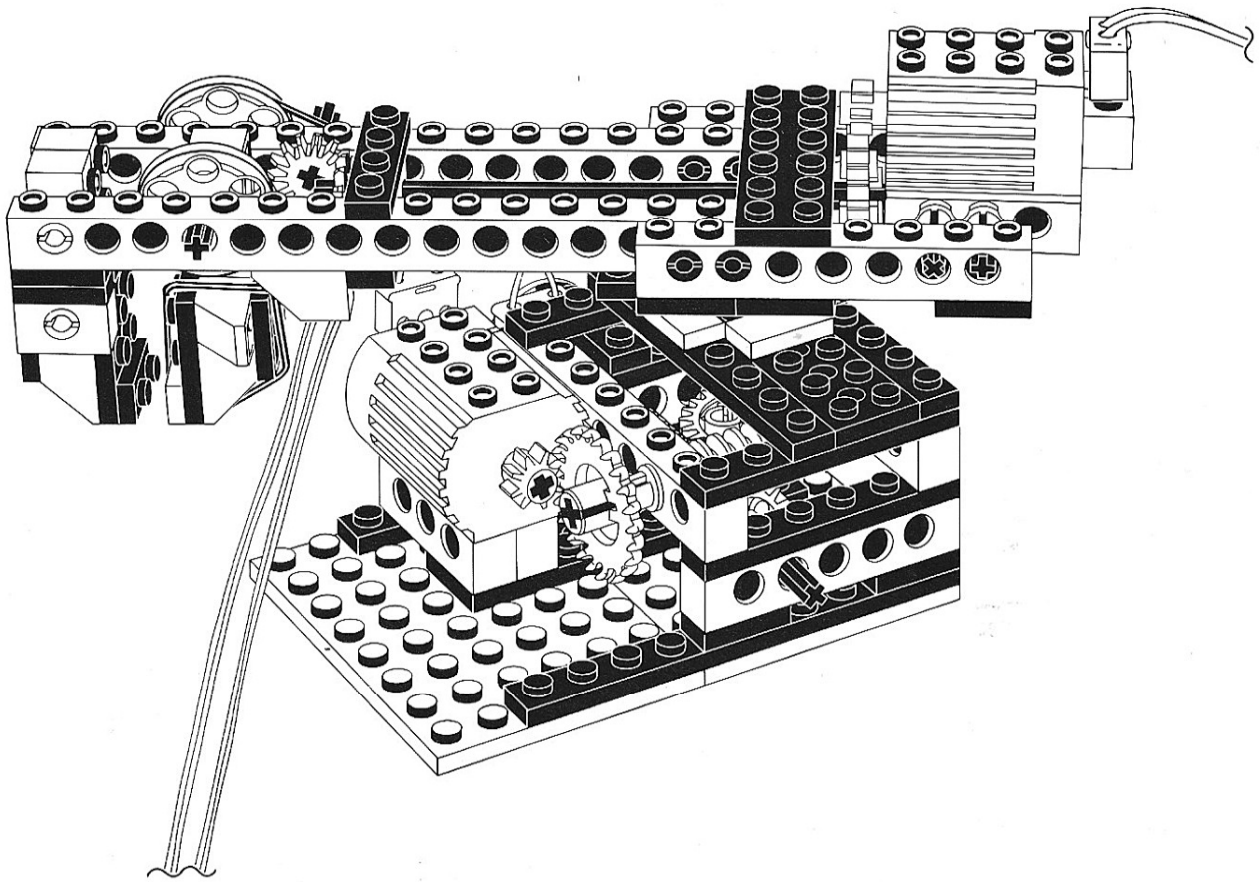
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.18 Anschlußbild Riesenrad



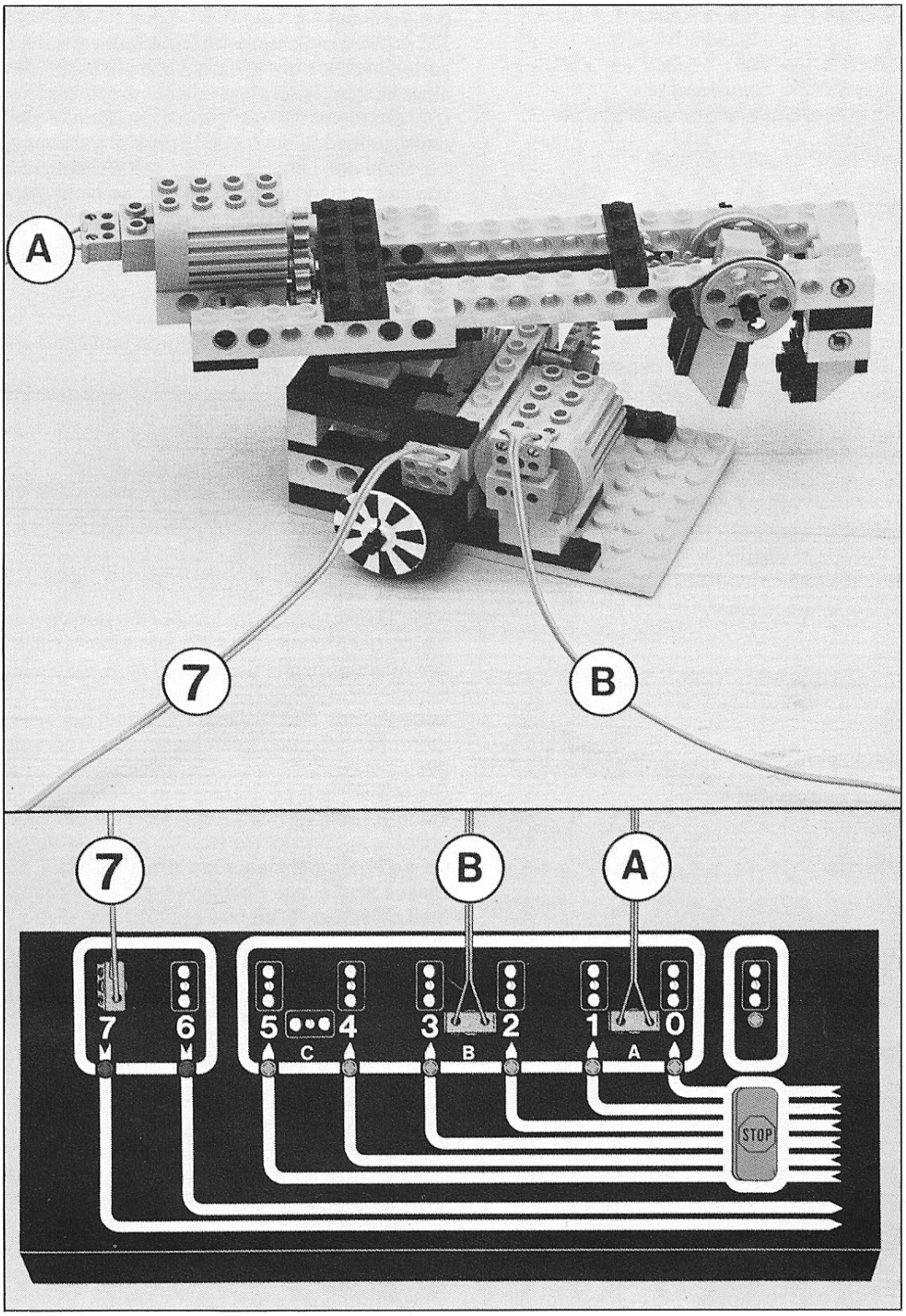
© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.19 Technische Beschreibung Schwenkarmroboter



© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

5.20 Anschlußbild Schwenkarmroboter



© 1987 LEGO Group ® Der Name LEGO ist ein eingetragenes Warenzeichen. Diese Kopiervorlagen sind im Rahmen der obigen Schullizenz zum Kopieren freigegeben.

6 Hinweise zur Software LEGO Lines

Inhalt dieses Kapitels:

Kurzbeschreibung 68

Start LEGO Lines 69

LEGO Lines Hauptbild 70

Setzen der Bitkombination 71

Eingeben der Zeit und Zählwerte 71

Eingeben von Kommentaren
oder LEGO Lines Anweisungen 71

LEGO Lines Bedienungstasten 71

LEGO Lines Direktmodus 72

Programmstrukturen 73

Bedienungsfehler 75

Kopieren 76

Kurzbeschreibung:

Die Software LEGO Lines ist eine einfache Programmierunterstützung zur Erstellung von Steuerungsprogrammen.
Die Arbeit am Computer ist durch die graphikorientierte Eingabe so weit vereinfacht, daß Schüler nach einer kurzen Einführung selbständig programmieren können, zumal die wenigen eindeutigen Strukturanweisungen in deutscher Sprache gehalten sind.
Die Rolle des Lehrers ist dadurch weitestgehend frei von sachlichen Zwängen; er ist also nicht ständig mit notwendigen Erklärungen beschäftigt oder durch aufwendige Fehlersuche gefordert.
LEGO Lines ist auf Schülernähe ausgelegt, dies wird neben der Benutzerfreundlichkeit durch eine optimale Transparenz zwischen dem Programm und den Modellaktionen sowie durch umfangreiche Testmöglichkeiten erreicht.
Die Software LEGO Lines unterscheidet drei grundlegende Arbeitszustände, die vom Benutzer gesteuert werden:

- Der Editiermodus dient der Erstellung, d. h. dem Aufschreiben der beabsichtigten Steuerungsprogramme für die LEGO Modelle in einer dem Computer verständlichen Form.
- Der Ausführungsmodus bewirkt eine Ausführung des erstellten Steuerungsprogrammes.
- Der Direktmodus ermöglicht eine direkte Steuerung der Modelle über die Computertastatur.

Der Ausführungsmodus enthält eine abschaltbare Sichtlaufanzeige auf dem Bildschirm. Sie ist ein wesentliches didaktisches Hilfsmittel bei einer Einführungsphase und beim Testen von Programmteilen.
Die Möglichkeit, LEGO Modelle im Direktmodus zu steuern, greift die Handsteuerung mit der Steuerkonsole auf und ist als eine Vorstufe der automatischen Programmsteuerung zu werten.
Dieses sind einige Beispiele für die vielfältigen methodischen Hilfen und Abstufungen dieser Software.
LEGO Lines liefert eine anschauliche Hinführung zum Verständnis von Programmprinzipien, Algorithmusstrukturen und technischen Steuerungsgrundsätzen.

Aufbauhinweise

1. Installation der Hardware

Das LEGO Interface A ist universell verwendbar. An den IBM PC und kompatible Computer wird das Interface mittels einer Steckkarte angeschlossen. Der Einbau und die Verwendung der Steckkarte ist den Gebrauchshinweisen zum Interfacekabel z. B. (9771) zu entnehmen.

2. Anfertigen einer LEGO Lines Arbeitsdiskette

a) Kopieren mit zwei Laufwerken:

Die Arbeit mit LEGO Lines in der Unterrichtspraxis wird durch die Herstellung einer Arbeitsdiskette stark vereinfacht. Mit einer solchen Diskette startet LEGO Lines beim Einschalten der Anlage ohne weitere Anweisungen.
Die Herstellung einer Arbeitsdiskette erfordert einige Programme der System-Diskette Ihres Computers. Diese Programme werden von den Herstellern z.T. ähnlich, jedoch nicht immer gleich benannt. Aus diesem Grund kann die folgende Anleitung nur Hilfen für das weitere Vorgehen liefern.

1. Schritt:
- Systemdiskette in Laufwerk A: einlegen
- leere Diskette in Laufwerk B: einlegen

2. Schritt:
- Diskette in B: formatieren:
  FORMAT B:/S <RETURN>

3. Schritt:
- folgende Datei von der Systemdiskette in Laufwerk A: nach B: kopieren:
  COPY KEYBGR.* B: <RETURN>
  Das Programm ist unter Umständen mit einem geänderten Namen auf der Systemdiskette vorhanden, z. B. als ZKEYBGR.COM. In diesem Beispiel muß die Anweisung lauten:
  COPY ZKEYBGR.* B:KEYBGR.*
  <RETURN>

4. Schritt:
- falls der Computer nicht mit einer Color-Graphik-Karte (CGA) ausgerüstet ist, sondern diese Graphik durch eine andere Hardware, z. B. eine Multigraphik-Karte emuliert wird, sind unter Umständen Dateien zur Steuerung der Graphikkarte erforderlich (siehe Herstellerinformation).
  Beispiel für die sogenannte AGA-Karte im Commodore PC 10/PC 20: Die Karte kann durch Schaltereinstellung auf der Karte selbst im CGA-Modus starten. Dann ist keine Software-Umschaltung erforderlich. Startet die Karte in einem anderen Modus, läßt sie sich durch ein Programm umschalten. In diesem Fall muß die folgende Datei VSET auf die Arbeitsdiskette kopiert werden:
  COPY VSET.* B: <RETURN>
  Damit sind die benötigten Dateien von der Systemdiskette auf die Arbeitsdiskette übertragen.

5. Schritt:
  Jetzt wird die Systemdiskette gegen die LEGO Lines Diskette getauscht. Durch
  LEGOCOPY <RETURN>
  werden Ihnen die Anweisungen gegeben, um die erforderlichen Dateien von der LEGO Diskette in Laufwerk A: auf die Arbeitsdiskette in Laufwerk B: zu übertragen.

b) Kopieren mit einem Laufwerk:

Das Kopieren mit einem Laufwerk erfolgt ähnlich:
Der Computer benutzt das eine Laufwerk erst als Laufwerk A: und anschließend als Laufwerk B:.
Die Anweisungen werden wie beim Kopieren mit zwei Laufwerken eingegeben. Sie beziehen sich zuerst auf das Laufwerk A:.

1. Schritt:
- Systemdiskette in das Laufwerk einlegen

2. Schritt:
  FORMAT B:/S <RETURN>
  Der Computer fordert den Diskettenwechsel an.
  - leere Diskette in das Laufwerk einlegen

Sind die Operationen mit dieser Diskette beendet, fordert der Computer wieder die Systemdiskette an. Das nächste Kommando kann eingegeben werden. Die folgenden Schritte werden entsprechend den Schritten 3, 4 und 5 bei zwei Laufwerken durchgeführt.

Damit haben Sie bei einem IBM PC oder kompatiblen Computer mit einer CGA-Karte oder einer AGA-Multigraphikkarte, wie sie z. B. beim Commodore PC10/PC20 vorhanden ist, eine autostartfähige Arbeitsdiskette hergestellt.
Sollten Sie bei Ihrem PC-kompatiblen Computer eine andere Multigraphikkarte als die AGA-Karte verwenden, dann müssen in der Datei autoexec.bat der Arbeitsdiskette andere Dateien zur Emulation der CGA-Graphik verwendet werden.
Informationen zur Herstellung und Änderung der

autoexec.bat Datei finden Sie in dem Handbuch zur Systemdiskette.
Sie können mit der Arbeitsdiskette LEGO Lines beim Einschalten des Computers starten: Legen Sie die Arbeitsdiskette in Laufwerk A: ein und schalten Sie die Anlage ein.
Sollten Sie bei der Herstellung der LEGO Lines Arbeitsdiskette für Ihren Computer keinen Erfolg haben, dann stellen Sie nach den Angaben im Systemhandbuch eine Kopie der LEGO Software her. Arbeiten Sie im folgenden immer mit der Kopie! Nachdem Sie Ihren Computer mit der Systemdiskette gestartet haben, können Sie die Diskette mit der LEGO Software einlegen und mit
HELP <RETURN>
Informationen zum weiteren Vorgehen erhalten.

LEGO Lines Hauptbild:

Das LEGO Lines Hauptbild besteht im wesentlichen aus drei Feldern, dem Textfeld, dem Programmraster und dem Wertefeld.

Textfeld:
In das Textfeld werden Kommentare oder Strukturanweisungen (siehe Programmstrukturen) eingegeben.

Programmraster:
Eine Ziffernfolge im Programmraster zur Steuerung der Modelle wird auch als Bitkombination bezeichnet. Diese wird im mittleren Feld gesetzt.

Wertefeld:
Zeit- oder Zählwerte werden in dem rechten Feld eingetragen.

Die Statuszeile dient einerseits der Kontrolle über die Schaltzustände im Direktmodus (siehe LEGO Lines Direktmodus). Andererseits zeigt sie bei einem Programmablauf die gerade bearbeitete Bitkombination an.

Am unteren Bildschirmrand ist die Bedeutung der wichtigsten Funktionstasten angegeben.

Es können Steuerungsprogramme mit maximal 40 Programmzeilen erstellt werden.

Die Bildschirmbedienung bei LEGO Lines:
Das Eingabefenster, welches auf dem Bildschirm als Balken erscheint, dient einerseits als Eingabefeld und andererseits als Zeilenmarkierung, die z. B. bei der Ausführung des Programms im Sichtlaufmodus die jeweils bearbeitete Zeile anzeigt. Sie wird durch die Pfeiltasten entsprechend Abbildung 6.2 gesteuert.

Das Statusfeld zeigt beim Programmstart den Editiermodus mit EDIT an. In diesem Modus können Programme geschrieben werden. Mit den Tasten <F9> wird das Programm im Sichtlaufmodus, Anzeige SILF, oder mit <Shift> + <F9> im Ablaufmodus, Anzeige ABLF, ohne die Anzeige der Programmschritte ausgeführt. Zum Test der einzelnen Anweisungen steht der Direktmodus, Anzeige DRKT,

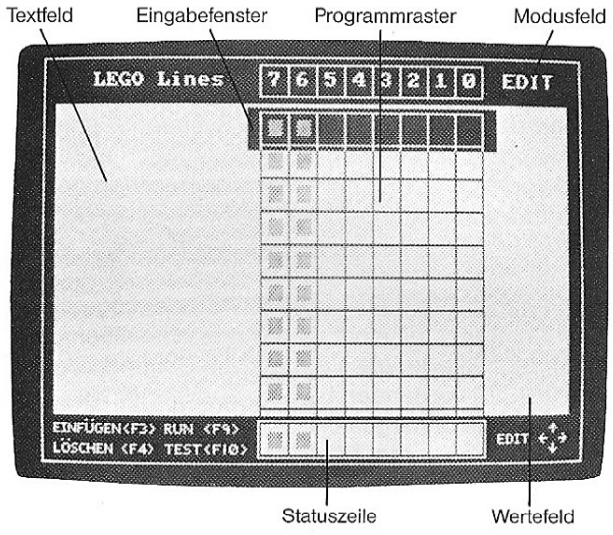


Abbildung 6.1

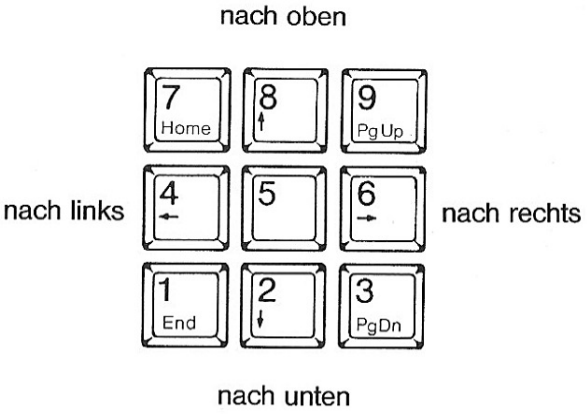


Abbildung 6.2 Steuerung des Eingabefensters

mit der Taste <F7> zur Verfügung. Die eingegebene Bitkombination wird direkt an das Interface weitergegeben. Gleichzeitig wird der Zustand der Sensoren angezeigt.

Setzen der Bitkombination:

Eine wesentliche Steuerungsmöglichkeit der LEGO Modelle erfolgt durch das Belegen des aus 8 Bits bestehenden Programmrasters. Die Aufteilung des Rasters entspricht den 8 Anschlüssen des LEGO Interfaces.
Die Bits 0–5 stellen Ausgangsbits dar, die bei einem Programmablauf die entsprechenden Ausgänge am Interface schalten.
Die unterlegten Bits 6 und 7 stellen die Eingangsbits dar und lassen sich nur bei bestimmten Strukturanweisungen setzen.
Das Eingabefenster muß zum Setzen der Bitkombination im Programmraster stehen.
Die Bits werden nun durch die entsprechende Zahlentaste des Computers gesetzt: beispielsweise Ausgangsbit 3 durch die Taste <3>.
Die Ausgangsbits können die Zustände 1 und 0 annehmen. Entsprechend werden die Interfaceausgänge eingeschaltet oder ausgeschaltet. Dagegen können die Eingangsbits die Zustände 1, 0 und „schraffiert" annehmen, je nachdem, ob der angeschlossene Sensor auf „aktiv" oder „inaktiv" abgefragt werden oder „ohne Bedeutung" sein soll.
Verschiedene Zustände werden durch wiederholtes Drücken der Taste erzeugt..

Eingeben der Zeit- und Zählwerte:

Befindet sich das Eingabefenster im Wertefeld, so können über die Zahlentasten Zeit- oder Zählwerte von Null an mit ingesamt vier Zeichen eingegeben werden.
Bei Zeitwerten entspricht die eingegebene Zahl der Zeit in Sekunden. Hier ist eine Eingabe mit einer Teilung von 0,1 s möglich.
Ist mit den Zahlen ein Zählwert gemeint, das ist nur bei den Strukturanweisungen WIEDERHOLE und ZAEHLE möglich, so entspricht diese Zahl den gewünschten Wiederholungen bzw. den abzuwartenden und zu zählenden Impulsen eines Optosensors, z. B. bei einer Zählscheibe.
Die eingegebenen Werte können durch die Taste <← DEL> (bei einigen Computern <bckspc>) korrigiert oder völlig gelöscht werden.

Eingeben von Kommentaren oder LEGO Lines Anweisungen:

Kommentare:
Kommentare werden durch Kleinbuchstaben, Zahlen und Leerstellen im Textfeld eingegeben. Ein Kommentar hat maximal 13 Zeichen.
Eingegebene Kommentare können durch die Taste <← DEL> (bei einigen Computern <bckspc>) im Hauptfeld der Tastatur korrigiert oder völlig gelöscht werden.
Strukturanweisungen und die ZÄHLE-Anweisung:
Diese Anweisungen (siehe Programmstrukturen) unterscheiden sich äußerlich von den Kommentaren dadurch, daß sie in Kleinbuchstaben eingegeben werden und nach der vollständigen und richtigen Eingabe (z. B. zähle ohne vorangestellte Leerzeichen) automatisch in Großbuchstaben umgewandelt werden.

Zur Korrektur während der Eingabe dient ebenfalls die Taste <← DEL> im Hauptfeld der Tastatur.

Fehlende Angaben oder unvollständige Programmstrukturen werden beim Programmstart erkannt. Es werden dann entsprechende Fehlermeldungen ausgegeben.

LEGO Lines Bedienungstasten:

Die Benutzerfreundlichkeit von LEGO Lines wird durch die Bedienungstasten erheblich unterstützt. Die am häufigsten verwendeten Befehle werden auf dem Bildschirm angezeigt. Im Editiermodus werden neben den Steuertasten für das Eingabefenster folgende weitere Tastenfunktionen angezeigt:

<F3> EINFÜGEN	Die markierte Zeile springt nach unten, so daß eine neue Leerzeile entsteht.
<F4> LÖSCHEN	Die markierte Zeile wird gelöscht.
<F10> TEST	In der Statuszeile wird die jeweilige Bitkombination der markierten Zeile angegeben und auf die Interfaceausgänge übertragen, so daß diese Bitkombination getestet werden kann. Die Testfunktion bezieht sich nicht auf Strukturanweisungen.

<F9> RUN

Das erstellte Steuerungsprogramm wird gestartet und von oben nach unten abgearbeitet.
Der Ablauf wird auf dem Bildschirm angezeigt: Sichtlaufanzeige.
Es können auch Programmteile getestet werden, die von zwei Leerzeilen umschlossen sind. Die Markierung muß vor dem Start in den zu testenden Programmteil bewegt werden.

<Shift>+<F9>

Wie unter <F9> beschrieben, jedoch ohne Anzeige des Ablaufs auf dem Bildschirm.

<F1> STOP

Die Ausführung des Steuerungsprogramms wird gestoppt. Diese Taste führt zu einem Wechsel vom Ausführungsmodus zum Editiermodus.

Darüber hinaus können mit dieser Taste auch andere Funktionen von LEGO Lines unterbrochen werden.

Löschen von selbsterstellten Steuerungsprogrammen und von LEGO Lines:

<Ctrl>+<F2>

Steuerungsprogramm löschen.
Das aktuelle Steuerungsprogramm wird vollständig gelöscht. Ein Dialog auf dem Bildschirm sichert das Vorgehen ab.

<Ctrl>+<F8>

LEGO Lines löschen.
Das LEGO Lines Programm wird abgebrochen. Ein Dialog auf dem Bildschirm sichert das Vorgehen ab.

Ausdrucken von selbsterstellten Steuerungsprogrammen:

<F6>

Drucker
Das aktuelle Steuerungsprogramm wird auf den Drucker ausgegeben.

<F5>

Laden, Sichern und Löschen von selbsterstellten Steuerungsprogrammen auf der Diskette.
Mit dieser Funktionstaste ist es möglich, einfach und schnell auf den Diskenteninhalt zuzugreifen.
56 Programme können gespeichert werden. Bei einer Überbelegung erfolgt auf dem Bildschirm die Meldung: „Das Inhaltsverzeichnis ist voll".

Soll beispielsweise ein in LEGO Lines geschriebenes Steuerungsprogramm auf der Diskette gespeichert werden, muß die Taste <2> für „Deine Wahl" gedrückt werden.
Nach dem Drücken der <RETURN> Taste wird dazu aufgefordert, einen Namen einzugeben; nach erneutem Drücken von <RETURN> wird das Programm gespeichert. Bei mehreren Programmen müssen unterschiedliche Namen eingegeben werden, außer wenn ein Überschreiben auf der Diskette beabsichtigt ist. Diese Vorgehensweise wird durch einen geeigneten Dialog auf dem Bildschirm abgesichert.

LEGO Lines Direktmodus:

<F7>

Der Direktmodus wird eingeschaltet.
Im Direktmodus können die Interfaceausgänge 0–5, ähnlich der LEGO Steuerkonsole, zu Testzwecken über die Computertastatur direkt angesteuert werden.
Entsprechend ändern sich die Zustände in der Statuszeile.
Im Direktmodus können auch am Interface angeschlossene Sensoren getestet werden.
Die Veränderung ihrer Zustände läßt sich in der Spalte 6 bzw. 7 der Statuszeile ablesen.

<F7>

Der Direktmodus wird durch ein erneutes Betätigen ausgeschaltet.

Programmstrukturen:

Der Computer arbeitet die im Programmraster gesetzten Bitkombinationen bei einem einfachen Programm entsprechend der Reihenfolge ab. Nach der im Wertefeld angegebenen Zeit wird die Bitkombination, die gerade bearbeitet wird, durch die nächste Bitkombination ersetzt oder durch eine Leerzeile beendet. Beispiel: Abbildung 6.5.

Durch die Markierung der Anweisungen im Sichtlauf wird die Programmausführung verlangsamt. Dieser Modus eignet sich für kürzere Programme in der Einführung in die Arbeit mit dem LEGO Systemset. Bei längeren und zeitkritischen Programmen ist die Reaktion des Computers auf die Signale der Sensoren bisweilen zu langsam. Besonders dann, wenn die Bildschirmanzeige während der Ausführung des Steuerungsprogramms gerollt wird, verlängert sich die Zeit bis zur Bearbeitung der nächsten Anweisung.

Für schnelle Reaktionen des Computers kann der Ablaufmodus gewählt werden. Die Reaktion des Computers erfolgt dann nahezu unmittelbar, da keine Bildschirmmarkierungen erfolgen.

Die im folgenden an Beispielen vorgestellten Strukturanweisungen, siehe Abbildung 6.6, 6.7, 6.8 und 6.9, haben keinen direkten Einfluß auf eine Bitkombination. Eine Ausnahme ist die ZÄHLE Anweisung, die die vorausgehende Bitkombination nach dem Zählvorgang inaktiviert.
Insgesamt können Strukturanweisungen auf maximal 8 Ebenen ineinandergeschachtelt werden.

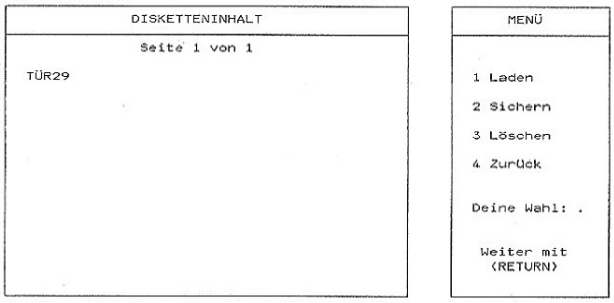


Abbildung 6.3 LEGO Lines Diskettenbild

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
beide			Ø	1	Ø	Ø	Ø	1	5

Die Anweisung:
Dieses Steuerungsprogramm schaltet gleichzeitig die Ausgänge ④ und ⓪ des Interfaces für eine Dauer von 5 Sekunden ein, um z. B. einen LEGO Leuchtstein und einen Motor einzuschalten.

Abbildung 6.4

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1Ø
Motor links			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	1Ø

Die Sequenz:
Dieses Programm läßt einen LEGO Motor, der mit dem Ausgang Ⓐ des Interfaces verbunden ist, 10 Sekunden in die eine und anschließend 10 Sekunden in die andere Richtung drehen.

Abbildung 6.5

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									
Lampe 1			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	
Lampe 2			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	
IMMER									

Die Schleife ohne Abbruchbedingung:
Dieses Programm schaltet zwei Leuchtsteine, die mit den Interfaceausgängen ④ bzw. ⓪ verbunden sind, immer ein und aus und zwar so lange, bis die <F 1> Taste der Computertastatur gedrückt wird. Da kein Zeitwert eingegeben ist, blinken die Lampen jeweils nur kurz auf.

Abbildung 6.6

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WIEDERHOLE									1Ø
Ein			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	
Aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
ENDE WIEDER									

Die Zählschleife:
Dieses Programm schaltet den gleichen Leuchtstein 10mal kurzfristig ein und aus.

Abbildung 6.7

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Lampe			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	
WIEDERHOLE									
BIS		1							
Motor rechts			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1Ø
Motor links			Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	1Ø

Die Schleife mit Abbruchbedingung:
Dieses Programm schaltet den gleichen Leuchtstein ein. Der Leuchtstein bleibt eingeschaltet, bis die Bedingung „Der Sensor am Interfaceanschluß ⑥ ist aktiv" erfüllt ist.
Dann schließen sich die gleichen Steuerungsanweisungen wie aus dem Programm in Abbildung 6.5 an.

Abbildung 6.8

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
WENN		1							
Lampe			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	5
ENDE WENN									

Die Alternative:
Dieses Programm schaltet den gleichen Leuchtstein ein, wenn die Bedingung „Der Sensor am Interfaceanschluß ⑥ ist aktiv" erfüllt ist.

Abbildung 6.9

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Lampe			Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
ZÄHLE	1								6

Die ZÄHLE-Anweisung:
Dieses Programm schaltet den gleichen Leuchtstein ein. Wenn der Sensor am Interfaceanschluß ⑦ 6mal auf „aktiv" gewechselt hat, dann schaltet er ihn aus. Die ZÄHLE Anweisung kann jeweils nur einen Sensor bedienen.

Abbildung 6.10

Die ZÄHLE Anweisung ersetzt komplexere Folgen von Anweisungen und verkürzt somit die Bearbeitungszeit.
Beispiele:

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
ZÄHLE	1								6

ersetzt:

WIEDERHOLE								6
WIEDERHOLE								
BIS	Ø							
WIEDERHOLE								
BIS	1							
ENDE WIEDER								
aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	

Abbildung 6.11

	IN		OUT						
	7	6	5	4	3	2	1	0	
ZÄHLE	Ø								6

ersetzt:

WIEDERHOLE								6
WIEDERHOLE								
BIS	1							
WIEDERHOLE								
BIS	Ø							
ENDE WIEDER								
aus			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	

Abbildung 6.12

Bedienungsfehler:

- Wenn LEGO Lines nicht ordnungsgemäß startet, ist zu prüfen, ob die Graphik des Computers für den Betrieb als CGA-Karte (Color-Graphik-Adapter) durch Software oder Hardware entsprechend geschaltet ist.
- Wenn die angeschlossenen Motoren und Lampen nicht auf die Steueranweisungen reagieren, dann ist zu prüfen, ob der Stop-Schalter am Interface gedrückt ist.

Fehlermeldungen zu den LEGO Lines Anweisungen sind:

Zu viele geschachtelte WIEDERHOLE
Zu viele WENN
Bei ZAEHLE nur eine Sensorangabe
Bei ZAEHLE fehlen Werte
WIEDERHOLE ohne BIS oder IMMER
WIEDERHOLE ohne ENDE WIEDER
WENN ohne ENDE WENN
BIS oder IMMER ohne WIEDERHOLE
ENDE WIEDER ohne WIEDERHOLE n
ENDE WENN ohne WENN
ENDE WIEDER nur bei WIEDERHOLE n
BIS oder IMMER nur bei WIEDERHOLE
WENN – ENDE WENN unvollständig
WENN – ENDE WENN unvollständig
WIEDERHOLE – ENDE WIEDER unvollständig

Fehler bei der Diskettenbearbeitung oder eine ähnliche Meldung aus dem Betriebssystem
Dieser Fehler kann u. a. bedeuten:
– keine oder falsch eingelegte Diskette
– die Laufwerksklappe ist nicht geschlossen

Fehler beim Programmausdruck oder eine ähnliche Meldung aus dem Betriebssystem
Dieser Fehler kann u. a. bedeuten:
– der Drucker ist nicht angeschlossen oder betriebsbereit

Durch die <RETURN> Taste oder eine Wahl entsprechend dem Menü aus dem Betriebssystem muß die Fehlermeldung bestätigt werden.

Unter Umständen sind die Steuerungsprogramme im Sichtlauf zu langsam für das zu lösende Steuerungsproblem. Fehlreaktionen der Steuerung sind dann nicht auf die Software, sondern auf die endliche Reaktionszeit des Computers zurückzuführen. Dieses Problem ist typisch für die Anwendung des Computers in der Prozeßsteuerung. Mit dem Ablaufmodus von LEGO Lines lassen sich zeitkritische Probleme bearbeiten.

Kopieren einer Diskette:

Auf der Systemdiskette befindet sich das Programm DISKCOPY. Legen Sie die Diskette ein, geben Sie

```
DISKCOPY  A:  B:  <RETURN>
```

ein und folgen sie den weiteren Anweisungen des Programmes. Die Herstellung einer Arbeitsdiskette wurde bereits zu Beginn dieses Kapitels beschrieben.

Kopieren von LEGO Lines Steuerungsprogrammen:

Die LEGO Lines Steuerungsprogramme werden in einem Unterverzeichnis \LINESFIL gespeichert. Auf der Zieldiskette muß deshalb ein Unterverzeichnis \LINESFIL mit

```
md LINESFIL <RETURN>
```

hergestellt werden, wenn es nicht bereits vorhanden ist. Beim Kopieren ist vor dem Dateinamen das Unterverzeichnis anzugeben. Der Dateiname selbst muß mit .LIN ergänzt werden. Dazu zwei Beispiele:

```
COPY  A:\LINESFIL\TÜR29.LIN  B:\
LINESFIL  <RETURN>
```

kopiert die Datei Tür29 auf Laufwerk B: in das Unterverzeichnis LINESFIL.

```
COPY  A:\LINESFIL\*.LIN  B:\LINESFIL
<RETURN>
```

kopiert alle LEGO Lines Dateien auf Laufwerk B: in das Unterverzeichnis LINESFIL.

Beim Kopieren mit einem Laufwerk werden die gleichen Anweisungen verwendet. Auf Anforderung des Computers werden dabei für jede Datei die Quelldiskette und die Zieldiskette nacheinander in das Laufwerk eingelegt.

7 Technische Hinweise

Das LEGO Interface A:

Diese Schnittstelle ermöglicht die Datenübertragung zwischen dem Computer und den LEGO Modellen und umgekehrt. Der Anschluß an den Computer erfolgt über ein Flachbandkabel, wie in Abbildung 1.1, Kapitel 1 dargestellt. Der Computer und das Interface müssen ausgeschaltet sein.

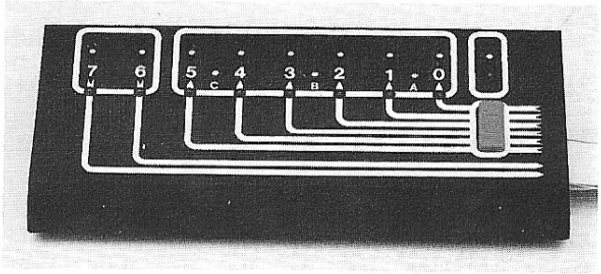
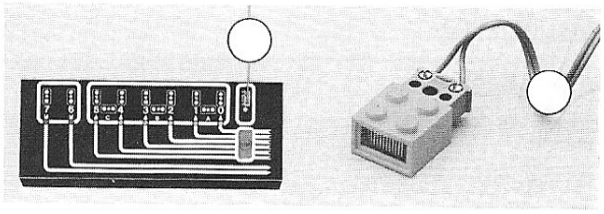


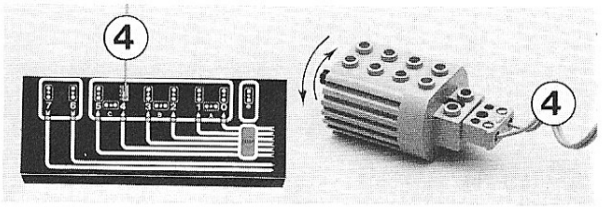
Abbildung 7.1 LEGO Interface A

Ein separates Netzteil ermöglicht die gleichzeitige Versorgung von maximal drei 4,5 V LEGO Motoren oder
6 LEGO Leuchtsteinen; weiterhin können 2 LEGO Optosensoren angeschlossen werden.
Ein STOP-Schalter ermöglicht ein sofortiges Ausschalten der schaltbaren Ausgänge ⓪ bis ⑤ und damit der angeschlossenen Motoren oder Leuchtsteine.



Über dem STOP-Schalter befindet sich ein Permanentausgang, an dem ständig 4 V Gleichspannung anliegen; hieran dürfen maximal 2 LEGO Leuchtsteine gleichzeitig angeschlossen werden.

Abbildung 7.2



Ein- und Ausgänge sind deutlich durch Pfeile gekennzeichnet. An den Ausgängen ⓪ bis ⑤ können LEGO Motoren und Leuchtsteine ein- und ausgeschaltet werden; rote Kontrollampen zeigen den jeweiligen Schaltzustand an.
Die einfachen Steckverbindungen zu den Ein- und Ausgängen ermöglichen einen unkomplizierten und schnellen Modellwechsel auch bei einem eingeschalteten Computer und Interface.

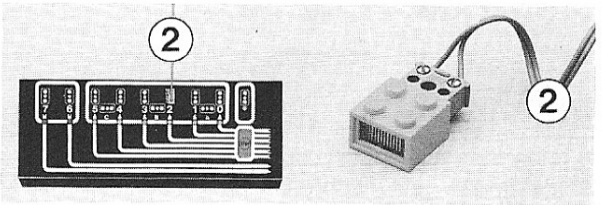
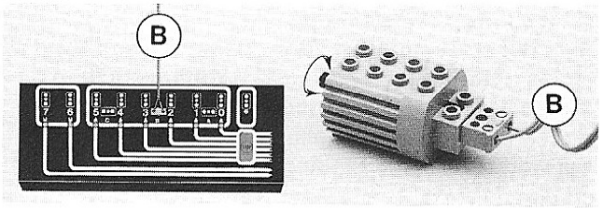


Abbildung 7.3



Die Ausgänge Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ, ermöglichen eine Änderung der Polarität und damit eine Drehrichtungsänderung der Motoren (siehe Kapitel 3 Steuerkonsole: Polwendeschalter).

Abbildung 7.4

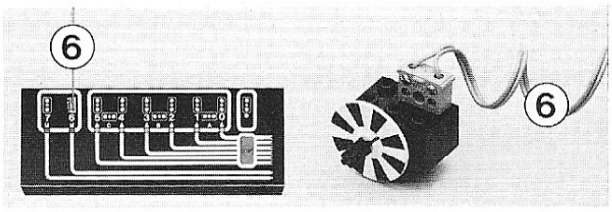


Abbildung 7.5

An den Eingängen können die LEGO Optosensoren angeschlossen werden. Der jeweilige Schaltzustand der Sensoren kann an den grünen Kontollampen abgelesen werden.
Die Information von den Sensoren wird bei einem entsprechenden Programm vom Computer verarbeitet. Als Ergebnis werden über die Ausgänge LEGO Motoren oder LEGO Leuchtsteine geschaltet.

Der LEGO Optosensor:

Der Optosensor enthält eine Infrarot-Leuchtdiode und eine Photodiode für Infrarotlicht und für sichtbares Licht. Diese Komponenten sind hinter dem ovalen Loch plaziert.
Die Infrarot-Leuchtdiode ermöglicht die Verwendung des Sensors als Reflexlichtsensor z. B. mit der Zählscheibe. Hierbei darf der Registriergegenstand jedoch nicht weiter als 2 mm vom Sensor-Baustein entfernt sein. Bei größeren Abständen muß zur Registrierung eine Lichtschranke, siehe Abbildung 7.6, verwendet werden.
Der Sensor wirkt im Prinzip wie ein EIN- oder AUS-Schalter. Beim Anschluß an das betriebsbereite Interface regelt er sich auf einen Ausgangslichtpegel ein und reagiert anschließend auf Lichtveränderungen. Seine Informationsübertragung an die Interfaceeingänge kann beim Testen an den Kontrollampen 6 und 7 des Interfaces und in der Statuszeile von LEGO Lines im Direktmodus verfolgt werden (siehe LEGO Lines Direktmodus, Kapitel 6).

Einsatz des Optosensors in einer Lichtschranke:
Modellbeispiele: automatische Tür, Sortieranlage
Der Optosensor und der Leuchtstein sind so plaziert, daß die ovale Sensoröffnung beleuchtet wird.

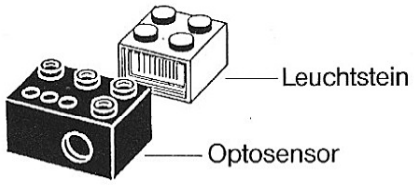


Abbildung 7.6

Schaltverhalten des Optosensors in einer Lichtschranke:

Optosensor	Eingangssignal:
die ovale Sensoröffnung wird abgedunkelt	1
die ovale Sensoröffnung wird beleuchtet	0

Je nach dem Ausgangszustand stellt sich das gewünschte Schaltverhalten nach einem Impulswechsel ein.

Einsatz des Optosensors bei der Umdrehungs- und Schrittzählung mit Hilfe der Zählscheibe:

Modellbeispiele: Riesenrad, Roboterarm

Optosensor	Eingangssignal:
schwarzes Segment erscheint vor der ovalen Sensoröffnung	1
weißes Segment erscheint vor der ovalen Sensoröffnung	0

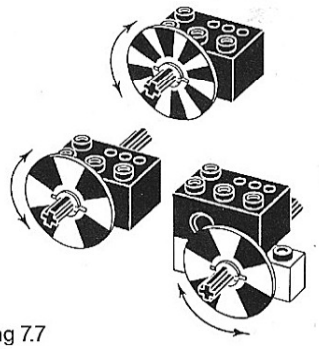


Abbildung 7.7

Je nach dem Ausgangszustand der Zählscheibe stellt sich das gewünschte Schaltverhalten nach einem Impulswechsel ein. Der Optosensor arbeitet jetzt als Reflexlichtschranke.
Zunächst sollte man die Zählscheibe mit der Hand drehen und die grünen Eingangskontrolleuchten beobachten, um die Wirkungsweise zu erkennen, danach können die Bauteile in das Modell eingebaut werden, so daß die Achse mit der Zählscheibe von einem Motor angetrieben wird.

Die Zählscheibe hat auf der einen Seite je 4 schwarze und weiße Segmente, auf der anderen Seite je 8. Je kleiner die Einzelsegmente sind, desto genauer ist z. B. eine Positionierung möglich; es muß aber beachtet werden, daß eine bestimmte Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe eingehalten wird, um eine sichere Funktion zu gewährleisten. So sollte die Umdrehungszahl, wenn sich die schmalen Segmente vor der ovalen Öffnung des Sensors drehen, 140 U/pm nicht überschreiten, bei den breiten Segmenten 280 U/pm.
Eine Änderung der Drehzahl ist durch eine entsprechende Untersetzung mit einem Getreibe zu erreichen.

Der LEGO Motor:

Der LEGO Motor benötigt eine Spannung von 3,5–4,5 V, z. B. von der LEGO Steuerkonsole oder dem LEGO Interface A. Die Leerlaufdrehzahl beträgt ca. 6000 Umdrehungen pro Minute. Bei blockierter Antriebsachse kann die Stromaufnahme von 0,3 A bei normaler Belastung bis zu 1 A ansteigen und damit zur Beschädigung des Motors durch Überhitzung führen.

Die LEGO Leuchtsteine:

Die LEGO Leuchtsteine enthalten Glühlämpchen, die an eine 4–4,5 V Spannungsquelle wie die LEGO Steuerkonsole oder das LEGO Interface A angeschlossen werden. Die Stromaufnahme beträgt ca. 100 mA.
Ergänzende Hinweise finden Sie in den Gebrauchshinweisen, die den Baukästen bzw. der Interfaceverpackung beigelegt sind.

Der LEGO Tastensensor:

Der LEGO Tastensensor ist als Schließer gebaut: Im Ruhezustand sind die beiden Schaltkontakte geöffnet. Durch einen Tastendruck werden die Kontakte geschlossen. Die mechanische Hysterese des Schalters bewirkt einen Druckpunkt beim Umschalten sowie eine sichere Schaltfunktion.
Der LEGO Tastensensor kann an die Anschlüsse 6 oder 7 am LEGO Interface angeschlossen werden. Sein Schaltverhalten ist vergleichbar mit dem der Lichtschranke aus Optosensor und Leuchtstein:

Tastensensor	Eingangssignal:
Taste gedrückt	1
Taste im Ruhezustand	0

Tastensensor

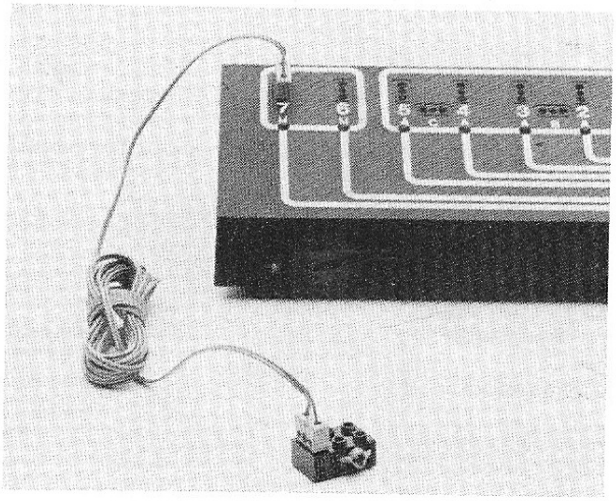


Abbildung 7.8

Mehrere LEGO Tastensensoren können in Serie oder parallel geschaltet werden.

8 Stichwortverzeichnis

Ablaufmodus 9
ABLF 9
aktive Zeile 8
aktives Signal 8
Arbeitsdiskette 5, 69
Ausgangskontrollampen 5
automatische Steuerung 17, 24
automatische Tür 4, 29

Batteriestab 10
Bedienungsfehler 75
Bedienungstasten 71
Bedingung 8, 31, 32
Bitkombination 5, 71

Direktmodus 5, 70
Direktsteuerung 5
Drehbewegung 29
Drehen um 90 Grad 44
Drehrichtung 6
Drehrichtung des Motors 19
Drehwinkel 42
Drehzahl des Motors 20, 37
Drehzahlsteuerung 19

Editiermodus 6, 70
Einführungskurs 4
Eingabefenster 6, 70
Eingangskontrollampen 5
elementare Steuerschritte 43
Elemente der Steuerung 4
ergänzendes Material 3
EVA-Prinzip 13, 24, 30

Fehlermeldungen 75
Folgesteuerung 30
Funktionstasten 70

Grundausstattung 3

Handsteuerung 10
Hauptbild von LEGO Lines 5, 70

Impulse 42
Installation der Hardware 69

Kette 35
Kommentar 7, 71
Konstruktionsänderungen 15
Konstruktionsaufgaben 15
Kopieren 76
Kopiervorlagen 47
Korrektur 71
Kronrad 41

Lampe 7
LEGO Interface 4, 5, 77
LEGO Leuchtstein 7, 79
LEGO Lines 4, 68
LEGO Lines Hauptbild 5, 70
LEGO Lines Kurzbeschreibung 68
LEGO Motor 79
LEGO Optosensor 7, 25, 78
LEGO Tastensensor 15, 79
Leitfragen 14
Lichtschranke 7, 24, 30

manuelles Steuern 11
Materialhinweise 2
Motorsteuerung 19

ODER-Verknüpfung 31

Pfeiltasten 6
Polwendeschalter 10
Positionierung 36
Programm Dreiertausch 45, 46
Programm Riesenrad 40
Programm Schwenkarmroboter 45
Programm Sortieranlage 27, 28
Programm Türsteuerung 34
Programm Waschmaschine 20, 22
Programmraster 5, 6, 70
Programmsteuerung 6
Programmstrukturen 73
Programmteile 38, 43, 44

Reaktionszeit 8, 26, 73
Riesenrad 35

Schneckengetriebe 24
Schreibmarkierung 7
Schrittsteuerung 37, 38, 39, 42, 43
schrittweise Verfeinerung 14
Schwenkarmroboter 41
Schwerpunkt Informatik 14
Schwerpunkt Technik 15
Sensor 7, 15, 25, 78, 79
Sequenz 73
Sichtlaufmodus 9
SILF 9
Sortieranlage 23
Startset 3
stationärer Aufbau 15
Statuszeile 5, 6, 70
Steuerkarte 11
Steuerkette 13
Steuerkonsole 10
Steuerung durch Sensoren 26

STOP-Schalter 5
Strukturanweisung 8, 73

Tastenpaar 10
technische Hinweise 77
Teilprogramm 38, 43, 44
Testfunktion 6
Textfeld 7, 70
Türsteuerung 32

Übersetzung 35, 42
UND-Verknüpfung 31

Verzweigung des Programms 25

Wahrheitswerte 31
Waschmaschine 16
Waschmaschinensteuerung 19, 20, 21
Waschvorgang 17
Welle 41
WENN ... ENDE WENN 8, 26, 32, 74
Wertefeld 70
WIEDERHOLE ... BIS 8, 39, 74
WIEDERHOLE ... ENDE WIEDER 20, 74
WIEDERHOLE ... IMMER 19, 74

ZÄHLE 33, 37, 43, 44, 74, 75
Zählen 31, 33
Zählscheibe 36, 42
Zählwerte 71
Zeilen einfügen 7
Zeilen löschen 7
Zeitplansteuerung 38, 43
Zeitspanne 7
Zeitwert 7, 71
zusammengesetzte Aussagen 31
Zusatzmaterial 15

<Ctrl>+<F2> Prg LÖSCHEN 72
<Ctrl>+<F8> Lines LÖSCHEN 72
<F10> TEST 71
<F1> STOP 72
<F3> EINFÜGEN 71
<F4> LÖSCHEN 71
<F5> Prg LADEN, SICHERN 72
<F6> DRUCKER 72
<F7> DIREKTMODUS 72
<F9> RUN SILF 72
<Shift>+<F9> RUN ABLF 72